

LIBROS DE LA REVISTA PROBLEMAS DEL DESARROLLO

# **LA TERCERA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL EN MÉXICO: DIAGNÓSTICO E IMPLICACIONES**

Adrián Chavero González  
(Coordinador)

Arturo Bonilla Sánchez  
Gloria González Salazar

Virginia López Villegas

María Luisa Rodríguez Sala

Delia Margarita Vergara Reyes  
(Compiladores)



# LA TERCERA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL EN MÉXICO: DIAGNÓSTICO E IMPLICACIONES

Arturo Bonilla Sánchez  
Gloria González Salazar  
Virginia López Villegas  
Ma. Luisa Rodríguez-Sala  
Delia M. Vergara Reyes  
(*compiladores*)

ADRIÁN CHAVERO GONZÁLEZ  
(*coordinador*)

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

## UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Dr. José Sarukhán Kérmez

*Rector*

Dr. Salvador Malo Álvarez

*Secretario General*

Mtro. Julio Labastida Martín del Campo

*Coordinador de Humanidades*

## INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS

Lic. Benito Rey Romay

*Director*

Dr. José Luis Rangel Díaz

*Secretario Académico*

Lic. Víctor Manuel Bernal Sahagún

*Secretario Técnico*

María Dolores de la Peña

*Jefa del Departamento de Ediciones*

Edición al cuidado de Presentación Pinero

© Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM

Primera edición: 1992

ISBN 968-36-2477-4

Derechos reservados conforme a la ley

Impreso y hecho en México

*Printed and made in Mexico*

# ÍNDICE

Presentación, <i>por</i> ADRIÁN CHAVERO GONZÁLEZ	9
Planteamientos del simposio “La tercera revolución industrial en México: diagnóstico e implicaciones”, <i>por</i> EL COMITÉ ORGANIZADOR	11
Temario	14
Tecnología y modernidad, <i>por</i> LUIS ÁLVAREZ-ICAZA	18
Los científicos frente a la modernidad. Líneas para un perfil, <i>por</i> ROCÍO AMADOR BAUTISTA	26
La formación de recursos humanos en el sector de la educación tecnológica para la tercera revolución industrial en México, <i>por</i> ESTELIO R. BALTAZAR C.	36
El cambio tecnológico y la apertura comercial: GATT y TLC, <i>por</i> ARTURO BONILLA	52
Repercusiones de la política científico-tecnológica en el área de la salud, <i>por</i> JULIO CACHO SALAZAR	61
Análisis de las condiciones institucionales para la formación de científicos en instituciones de educación superior, <i>por</i> MIGUEL ÁNGEL CAMPOS	71
Alternativas de la industria de fermentaciones en México, <i>por</i> CARLOS CASAS-CAMPILLO	82
Política científica y tecnológica del Conacyt, <i>por</i> MARTÍN CELAYA BARRAGÁN	89
El impacto de la problemática tecnológica en la industria, <i>por</i> JESÚS CEVALLOS	95
La división internacional del trabajo y la revolución científico-técnica, <i>por</i> LEONEL CORONA	101
La política científico-tecnológica en México, <i>por</i> ADRIÁN CHAVERO GONZÁLEZ	112
Innovación tecnológica y procesos del trabajo, <i>por</i> LUIS E. GÓMEZ SÁNCHEZ	126
¿Terciarización de la industria o industrialización del terciario?, <i>por</i> CONSUELO GONZÁLEZ RODRÍGUEZ	137
Recursos humanos, capacitación y actualidad. Algunos planteamientos generales, <i>por</i> GLORIA GONZÁLEZ SALAZAR	150
La tercera revolución industrial y la formación de recursos humanos para la producción y el desarrollo de México, <i>por</i> DIÓDORO GUERRA RODRÍGUEZ	157



El problema educativo en México frente a las transformaciones culturales, políticas, económicas, sociales, técnicas y científicas, <i>por</i> HÉCTOR LARIOS SANTILLÁN	165
Estrategias y políticas científico-tecnológicas y formación de recursos humanos, <i>por</i> CARLOS LEÓN HINOJOSA	170
Algunas reflexiones sobre el problema de la ciencia y la tecnología en México, <i>por</i> VIRGINIA LÓPEZ VILLEGAS	177
Presente y futuro de la educación superior pública y la investigación científica en México, <i>por</i> SALVADOR MARTÍNEZ DELLA ROCCA e IMANOL ORODORIKI SACRISTÁN	180
Programa Nacional de Capacitación y Productividad 1990-1994, <i>por</i> JAIME LUIS PADILLA AGUILAR	195
Revolución científico-técnica y biotecnología, <i>por</i> DINAH RODRÍGUEZ CHAURNET	206
Algunas consideraciones socioculturales para el estudio de la actividad científica en el marco de la tercera revolución industrial, <i>por</i> MA. LUISA RODRÍGUEZ-SALA	218
La modernización en ciencia y tecnología y la realidad internacional, <i>por</i> JUAN JOSÉ SALDAÑA	230
Tecnología y agroindustria de alimentos en México. Tendencias actuales y repercusiones sobre los pequeños productores, <i>por</i> ARGELIA SALINAS O.	243
Ciencias de la vida. Bioindustria y sociedad, <i>por</i> MANUEL SERVÍN MASSIEU	250
La investigación científico-tecnológica en las instituciones de educación superior y la política científico-tecnológica, <i>por</i> CARLOS TOPETE BARRERA	257
El papel de los nuevos materiales en el desarrollo de México, <i>por</i> GABRIEL TORRES VILLASEÑOR	272
Automatización: técnica para usuarios, <i>por</i> CRISTINA VERDE R.	291
Impactos previsibles de las exportaciones industriales frente a la tercera revolución industrial, <i>por</i> DELIA M. VERGARA REYES	303
El tiempo histórico, <i>por</i> GLORIA VILLEGAS MORENO	309
El Conacyt y la investigación científica en México, <i>por</i> MIGUEL JOSÉ YACAMÁN	313
Palabras de clausura del Simposio La tercera revolución industrial en México, <i>por</i> BENITO REY ROMAY	317
De los autores	319
De las instituciones	326

## **Reconocimientos**

Durante el proceso de recopilación de los textos que aquí se incluyen se contó con la valiosa colaboración de Octavio Rosaslanda Ramos, que capturó en *Word* gran parte del contenido; además del apoyo mecanográfico y parte de la captura por la señora Guadalupe Téllez.



## PRESENTACIÓN

Los materiales que se ofrecen en este volumen fueron compilados por los organizadores del Simposio Multidisciplinario sobre La tercera revolución industrial en México: diagnóstico e implicaciones socioculturales, económicas y científico-tecnológicas, que se realizó del 30 de septiembre al 4 de octubre de 1991 en el Auditorio Mario de la Cueva, en la Torre II de Humanidades de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Esta reunión surgió de la propuesta de los investigadores Ma. Luisa Rodríguez-Sala, del Instituto de Investigaciones Sociales, y de Adrián Chavero, del Instituto de Investigaciones Económicas de la UNAM, con el objeto de abordar la problemática de la ciencia y la tecnología desde una perspectiva multidisciplinaria y consecuentemente interinstitucional.

Por la amplitud del tema y considerando que las implicaciones no sólo se ubican en los campos de estudio de la economía y de la sociología, se juzgó conveniente que con base en el planteamiento elaborado para convocar a los ponentes se formaran tres apartados temáticos que incluyeran a grandes rasgos los temas siguientes:

1] Un marco epistemológico que permitiera reflexionar sobre el contenido y significado de la tercera revolución industrial y su alcances sociales.

2] El análisis de los elementos de diagnóstico en cuanto a políticas y toma de decisiones para conocer de qué manera empieza el país a enfrentarse a esa situación novedosa, y

3] Un diagnóstico del nivel específico de la investigación del país en el tema central visualizado desde la perspectiva de los científicos y los tecnólogos involucrados directamente en el campo de la investigación en algunas de las disciplinas que ya forman parte de la denominada tercera revolución industrial, la cual, en términos generales, se puede caracterizar por:

a] La creación de sucedáneos a las materias primas que serán desplazadas por aquellos “nuevos materiales” producidos en laboratorio a escala industrial.

b] La introducción de la informática, que entre otras consecuencias puede revolucionar el sistema educativo.

c] La introducción al mercado de los productos que provienen de la biotecnología y la agroindustria, ya logrados en los países de elevado nivel de desarrollo.

Atendiendo a la invitación por parte del comité organizador, concu-

rrieron ponentes de 20 instituciones ubicadas tanto en el sistema de enseñanza superior como en los sectores público y privado. Todos ellos fueron seleccionados rigurosamente por el comité organizador, considerando tanto su especialidad como el dominio y conocimiento del tema central del Simposio; entre ellos destacó la participación de funcionarios y ejecutivos con responsabilidad directa en la toma de decisiones sobre el tema abordado en el Simposio La tercera revolución industrial en México. Los autores de los textos contenidos en este volumen abordan la temática centrándose en el caso del país, pero presentan, además, una reflexión prospectiva de la situación que analizan.

Debido a la manera como fueron seleccionados los ponentes y a la secuencia temática que se asignó al programa se logró una continuidad bastante lógica y un intercambio de opiniones entre especialistas sobre el tema común en forma bastante coherente no obstante la diversidad de enfoques, tanto por la variedad de las funciones y actividades de los ponentes como por su formación académica y profesional, pues se registraron entre ellos a médicos, economistas, sociólogos, historiadores, ingenieros, contadores, físicos, biólogos, administradores de empresas, químicos y pedagogos.

De los materiales que se incluyen en esta publicación, 23 fueron presentados durante las cinco sesiones del Simposio en las fechas ya señaladas al principio de este escrito. Los textos que aquí se agregan y que no fueron presentados en el Simposio pertenecen a los miembros del comité organizador, y fueron intercalados en este volumen para complementar las exposiciones, conservando la secuencia temática.

Por el nivel de los autores y la información de fuentes originales, así como por la profundidad de sus análisis, puede considerarse que se cuenta con un diagnóstico muy completo de la situación del país en esta materia, que abarca no sólo el aspecto científico-tecnológico sino también la repercusión en los ámbitos económicos, sociales y culturales que se tocan en estos trabajos. Sin embargo, por las implicaciones que surgen a partir del desarrollo de la ciencia y la tecnología a nivel mundial se requiere la revisión periódica y recurrente de lo que significa para México el impacto de la revolución industrial, sobre todo su reflexión en marcos o situaciones que de aquí en adelante se presentarán cada vez más dinámicos, cambiantes y novedosos, con el objetivo de apuntar hacia soluciones a la problemática que plantea para México la irrupción de la tercera revolución industrial.

**Adrián Chavero González**  
COORDINADOR DEL PROYECTO

## PLANTEAMIENTOS DEL SIMPOSIO "LA TERCERA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL EN MÉXICO: DIAGNÓSTICO E IMPLICACIONES"

Los países con un desarrollo similar al de México generalmente se identifican entre sí por algunas características económicas y sociales. Entre las primeras consideramos como más relevantes las siguientes: insuficientes niveles de crecimiento del producto interno bruto per cápita; una actividad económica de baja productividad en la que destaca la elaboración de productos de origen primario con el empleo de una tecnología poco desarrollada; una balanza comercial negativa por la exportación de productos primarios y la importación de manufacturados; insuficiente capitalización, y poca adaptabilidad e inflexibilidad de las unidades productivas, que repercute en respuestas lentas, tardías y poco adecuadas a los requerimientos del mercado.

Algunas de las características sociales más importantes se localizan en: a) La prevalescencia y en ocasiones la agudización de problemas demográficos de diferente tipo como altas tasas de morbilidad y natalidad, situaciones conflictivas nacionales e internacionales motivadas por la migración interna y externa, b) incremento de fenómenos de antisocialidad, particularmente la delincuencia juvenil y la intensificación del narcotráfico, cuyas causas, entre otras, se pueden localizar en la deficiente estructura del sistema educativo nacional en todos los niveles, que en términos generales no aporta los elementos para adecuar los recursos humanos a las nuevas situaciones de producción. La problemática educativa se agudiza por la persistencia de una baja escolaridad como una de las causas que repercuten en problemas de desempleo, el cual funciona en concordancia con el esquema económico de nuestro país, que viene propiciando situaciones de desfase entre los conocimientos adquiridos en el sistema escolarizado a lo largo de todos sus niveles y los requerimientos del mercado de trabajo. Éste demanda mayor movilidad, creatividad y adaptabilidad de los recursos humanos para integrarlos a diferentes funciones dentro del proceso de producción, que presiona para adecuar y modificar la legislación laboral a fin de que los contratos colectivos de trabajo se adapten a los nuevos requerimientos de una producción más dinámica, cambiante y flexible por las variaciones tecnológicas.

Por otra parte, pero estrechamente ligado a las características

socioeconómicas, resulta evidente el hecho de que en los diferentes estratos educativos del país prevalece un marcado "analfabetismo científico". La población en general carece de una cultura científica y tecnológica, no obstante que puedan existir sistemas nacionales de ciencia y tecnología. De existir, éste permanece con escasa articulación hacia aquellos sectores con los que probablemente debería mantener estrecha vinculación, como son el educativo y el productivo. Aparte de los aspectos culturales, las consecuencias menos estables, pero no por ello menos importantes, afectan a la estructura de producción disminuyendo los beneficios que la actividad científica y tecnológica debería reportar a la nación en su conjunto.

México como nación y como sociedad se ubica en los umbrales de una nueva situación que en el plano de la economía mundial ha puesto las bases de una actividad productiva distinta basada en las nuevas tecnologías de punta con avances en la microelectrónica, la informática, la biotecnología y la creación de nuevos materiales que hacen posible la flexibilidad de los procesos productivos, resultando más dinámicos y cambiantes, con elevados niveles de adaptabilidad a las variaciones tanto tecnológicas como laborales y de mercado.

La tercera revolución industrial, en términos generales se ha caracterizado por: a) La creación de sucedáneos a las materias primas que serán desplazadas por aquellos materiales nuevos producidos en laboratorio a escala industrial; b) por la introducción de la informática, que entre otras consecuencias puede revolucionar el sistema educativo escolarizado, y c) por la introducción al mercado de los productos que provienen de la biotecnología y la agroindustria, ya logrados en los países de elevado nivel de desarrollo.

Las repercusiones de estos cambios influyen ya en algunas sociedades y lo harán en el futuro cercano en las restantes, no sólo en el campo de la producción sino también en el del comportamiento social, en su más amplia acepción. Así, se modificarán los patrones de vida y de consumo; en lo económico se afectará particularmente a las economías escasamente desarrolladas. Para ellas las posibilidades de competir con los productos elaborados con las tecnologías de punta, que registran amplios márgenes de utilidad, serán cada vez más limitadas.

En el aspecto político los países dependientes tendrán escasas posibilidades de imponer planes y programas para lograr de sus economías un crecimiento ventajoso, pues el plan global de producción en las pautas internacionales afectaría todos los planos de la actividad humana.

La aplicación de las nuevas tecnologías en la producción de bienes y servicios requerirá del individuo una mayor capacidad de concepción y no



sólo de ejecución de tareas, y por lo tanto se pedirá una mayor movilidad, creatividad y adaptabilidad tanto del profesionista como del operario, para distintas funciones dentro del proceso productivo, por lo cual la profesionalidad estática y los puestos fijos del obrero y del operario con una división rígida del trabajo tienen poco futuro.

Frente a estos retos en el orden cultural, macrosocial y macroeconómico, debe realizarse un diagnóstico que permita conocer la situación y el nivel científico-tecnológico del país, abarcando todos los ámbitos posibles, entre los cuales se encuentra el análisis de las diferentes ramas de la ciencia y la tecnología. Todo esto desde las perspectivas de los especialistas en la materia, para que eventualmente se pueda razonar y proponer medidas respecto a la problemática que plantea la tercera revolución industrial.

Objetivos:

1. Diagnosticar desde las perspectivas socioculturales, económicas y científico-tecnológicas la situación y el nivel científico-tecnológico del país ante la irrupción de la tercera revolución industrial.

2. Intercambiar opiniones y experiencias de humanistas, sociólogos, economistas, científicos y tecnólogos ante una situación que sólo se podrá comprender y enfrentar mejor mediante enfoques y propuestas multidisciplinarias.

3. Establecer una comunicación inicial que tal vez pudiera ampliarse y posibilitar reuniones posteriores sobre la temática enunciada en el marco de la contribución al conocimiento de esos fenómenos y eventualmente aportar soluciones a la problemática en esa materia.

**El comité organizador**

## TEMARIO

### Primera parte

#### LA MODERNIDAD, POSMODERNIDAD Y TERCERA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

- Los marcos conceptuales de la modernidad y la tercera revolución industrial.
- Los científicos mexicanos; sus perspectivas y actitudes frente a la modernidad y la tercera revolución industrial.
- Los impactos esperados en la sociedad mexicana.

- |  |   |
|--|---|
| 1. Algunas consideraciones socioculturales para el estudio de la actividad científica en el marco de la tercera revolución industrial. | Maria Luisa Rodríguez Sala<br>(IIS-UNAM)    |
| 2. El tiempo histórico.  | Gloria Villegas<br>(FFL-UNAM)               |
| 3. Los científicos frente a la modernidad.   | Rocío Amador<br>(CISE-UNAM)                 |
| 4. La división internacional del trabajo y la revolución científico-tecnológica.   | Leonel Corona<br>(DEPFE-UNAM)               |
| 5. Innovación tecnológica y procesos de trabajo.   | Luis E. Gómez Sánchez<br>(FCPYS-UNAM)       |
| 6. ¿Terciarización de la industria o industrialización del terciario?  | Consuelo González Rodríguez<br>(DEPFE-UNAM) |
| 7. La modernización en ciencia y tecnología y la realidad internacional.   | Juan José Saldaña<br>(Iiecytac)             |

- |   |   |
|---|---|
| 8. El cambio tecnológico en México y la apertura comercial: GATT y TLC.             | Arturo Bonilla Sánchez<br>(IIEC-UNAM)   |
| 9. Algunas reflexiones acerca del problema de la ciencia y la tecnología en México. | Virginia López Villegas<br>(FCPYS-UNAM) |

### Segunda parte

#### DIAGNÓSTICO DE LA POLÍTICA CIENTÍFICO-TECNOLÓGICA Y DE LA POLÍTICA EDUCATIVA EN MÉXICO ANTE LA TERCERA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

#### *A) Políticas: científico-tecnológica y formación de recursos humanos; sus enfoques.*

- |  |  |
|--|--|
| 10. Recursos humanos, capacitación y actualidad. Algunos planteamientos generales.   | Gloria González Salazar<br>(IIEC-UNAM) |
| 11. La formación de recursos humanos en el sector de la educación tecnológica para la tercera revolución industrial.                   | Estelio Baltazar Cadena<br>(SEP)       |
| 12. El impacto de la problemática tecnológica en la industria.   | Jesús Cevallos<br>(Concamin)           |
| 13. Estrategias y políticas científico-tecnológicas y formación de recursos humanos.   | Carlos León Hinojosa<br>(IMP)          |
| 14. El problema educativo en México frente a las transformaciones culturales, políticas, económicas, sociales, técnicas y científicas. | Hector Larios Santillán<br>(Coparmex)  |
| 15. Programa Nacional de Capacitación y Productividad de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social.                                 | Jaime L. Padilla Aguilar<br>(STPS)     |

- |  |  |
|--|--|
| 16. Política científico-tecnológica del Conacyt.   | Martín Celaya Barragán<br>(Conacyt)  |
| 17. El Conacyt y la investigación científica en México.  | Miguel José Yacamán<br>(Conacyt)   |
| <br>B) <i>Política científico-tecnológica en el Sistema Nacional de Enseñanza Superior.</i>  |  |
| 18. La política científico-tecnológica en México.  | Adrián Chavero González<br>(IIEC-UNAM)   |
| 19. La investigación científico-tecnológica en las instituciones de educación superior y la política científico-tecnológica en el contexto actual. | Carlos Topete Barrera<br>(ESCA-IPN)  |
| 20. Análisis de las condiciones institucionales para la formación de científicos en instituciones de educación superior.                           | Miguel Ángel Campos<br>(IIMAS-UNAM)  |
| 21. La tercera revolución industrial y la formación de recursos humanos para la producción y el desarrollo de México.                              | Diódoro Guerra<br>(Conalep)  |
| 22. Presente y futuro de la educación superior pública y la investigación científica en México.  | Salvador Martínez<br>Della Rocca e<br>Imanol Ordorika Sacristán<br>(IIEC-UNAM) |
| 23. Repercusiones en el área de la salud de la política científico-tecnológica.  | Julio Cacho Salazar<br>(SS)  |

## Tercera parte

EL NIVEL CIENTÍFICO-TECNOLÓGICO DEL PAÍS, LA INTERDISCIPLINARIEDAD  
Y ESPECIFICIDADES DE LA TERCERA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL  
EN MÉXICO: AVANCES, PROBLEMAS Y PERSPECTIVAS*A) Biotecnología, biomedicina, agroindustria e ingeniería genética.*

- |  |  |
|--|--|
| 24. Alternativas de la industria de fermentaciones en México.  | Carlos Casas Campillo<br>(Cinvestav)     |
| 25. Tecnología y agroindustria de alimentos en México. Tendencias actuales y repercusiones sobre los pequeños productores. | Argelia Salinas Ontiveros<br>(IIEC-UNAM) |
| 26. Revolución científico-técnica y biotecnología.   | Dinah Rodríguez Chaurnet<br>(IIEC-UNAM)  |
| 27. Impactos previsibles de las exportaciones industriales frente a la tercera revolución industrial.                      | Delia M. Vergara Reyes<br>(IIEC-UNAM)    |
| 28. Ciencias de la vida, bioindustria y sociedad.  | Manuel Servín Massieu<br>(Sedue)         |

*B) Informática, computación, robótica, automación, automatización y nuevos materiales*

- |   |   |
|---|---|
| 29. Tecnología y modernidad.                                      | Luis Álvarez-Icaza<br>(II-UNAM)         |
| 30. Automatización: técnica para usuarios.                        | Cristina Verde R.<br>(II-UNAM)          |
| 31. El papel de los nuevos materiales en el desarrollo de México. | Gabriel Torres Villaseñor<br>(IIM-UNAM) |
| 32. Clausura del simposio   | Benito Rey Romay<br>(IIEc-UNAM)         |

# TECNOLOGÍA Y MODERNIDAD

Luis Álvarez-Icaza

## RESUMEN

En este escrito se discuten las interrelaciones entre tecnología y modernidad con énfasis en los aspectos relacionados con la informática y automatización. Se pretende, por un lado, circunscribir la situación de nuestro país a este respecto dentro del contexto mundial, y por el otro aventurar hipótesis sobre las perspectivas factibles y deseables en el corto plazo.

## INTRODUCCIÓN

En primer término quisiera pedir a la audiencia disculpas de antemano por los errores y omisiones, seguramente muchos, que contiene esta exposición; mi experiencia como expositor se circunscribe principalmente al campo de la ingeniería, con diferentes costumbres y ritos, por lo que el cambio de escenario sin duda será notorio.

En este simposio pretendemos acercarnos a un diagnóstico sobre las implicaciones de la tercera revolución industrial en nuestro país. Me corresponde abordar el problema desde la perspectiva tecnológica. Para ello, en primer término intentaré bosquejar la situación actual de nuestro país en lo que a informática, computación y automatización se refiere. Una vez hecho lo anterior proporcionaré un diagnóstico personal al respecto y concluiré con un rápido vistazo al futuro inmediato, pues las características del tema no permiten aventurarse más adelante en el tiempo sin grave riesgo para el prestigio del autor.

En la medida de lo posible intentaré omitir los términos especializados y aburridos para el auditorio de otras especialidades y me concentraré en los aspectos cualitativos.

## BREVE REPASO DEL PANORAMA ACTUAL

La tercera revolución industrial se ha caracterizado como el fenómeno

de transformación social surgido en torno al desarrollo de la electrónica en los últimos 30 o 40 años. El impacto de esta tecnología ha sido de gran trascendencia; prácticamente no hay campo de la actividad humana en donde su presencia no sea palpable y no haya provocado una fuerte transformación en las metodologías y técnicas de creación, producción o servicio.

No es mi propósito en esta plática abordar las cuestiones de física de semiconductores, tecnología de materiales y procesos de producción de los dispositivos electrónicos modernos; me interesa abordar a estos últimos como productos intermedios que permiten el diseño y construcción de sistemas de cómputo.

Hasta hace diez años las necesidades de cómputo electrónico se satisfacían por medio de computadoras de gran tamaño (*main frames*) que eran producidas por un puñado de fabricantes en todo el mundo con fuertes prácticas monopólicas. El uso de estos equipos era complejo, además de que su mantenimiento y actualización resultaban tan onerosos, que solamente las grandes instituciones sociales, públicas y privadas, podían justificar y solventar su empleo. Por esos años también se empieza a contar con las minicomputadoras como una alternativa viable para usuarios con necesidades de cómputo y que por razones de costo no tenían acceso a los grandes equipos. En todos los casos el empleo de equipo de cómputo se consideraba como una actividad reservada a especialistas o científicos.

Sin duda la manifestación más impactante del desarrollo de la electrónica se da con el surgimiento de computadoras baratas y eficientes, pues estos dispositivos son responsables en buena medida del acelerado proceso de generación e intercambio de información que tiene lugar actualmente en la sociedad y que ha surgido a partir del incremento geométrico del número de usuarios de sistemas de cómputo. Es de importancia mencionar como un evento clave en este sentido la aparición del primer microprocesador a principios de la década de los setenta; su desarrollo marca el punto de arranque para la difusión de la tecnología de las computadoras, cuyas posibilidades de aplicación nos parecen hoy día inagotables. La microelectrónica, entonces, ha marcado un fuerte cambio en las tendencias de uso de circuitería (que usaré por *hardware*) pues ahora la mayor parte del mercado está ocupada por equipos basados en microprocesadores y el crecimiento en el número de sistemas ha sostenido ritmos anuales que significan su duplicación cada cuatro años.

El uso de una computadora implica necesariamente el desarrollo de programas, que pueden ser entendidos como conjuntos de instrucciones que precisan la forma de funcionamiento de una computadora, y cuyas caracte-



rísticas son determinantes para la asimilación y aprovechamiento masivo de esta tecnología.

La programación de los grandes sistemas de cómputo se realizaba principalmente en lo que se conoce como lenguajes de alto nivel: COBOL, Fortran, ALGOL, RPG, etc., lenguajes que a pesar de su nombre —o tal vez por él, por lo del alto nivel— no facilitan el acceso del gran público al uso de las computadoras. Durante los últimos años la programación ha tenido también una fuerte evolución que se manifiesta a través de cambios en el tipo de programas consumidos. Hace una década el mayor consumo se refería a compiladores para lenguajes de alto nivel, seguido por programas de aplicación específica a algún proceso administrativo (nóminas, inventarios, etc.); en ambos casos, sin embargo, los programas eran poco transportables y dependían fuertemente de la circuitería en que se empleaban. Actualmente, en cambio, el mayor consumo de programas se refiere a paquetes relacionados con la gestión en oficinas: procesadores de palabra, hojas de cálculo, manejadores de bases de datos, enlazadores para comunicación, etc.; en seguida se encuentran paquetes para empleo en ramas profesionales: dibujo, arquitectura, ingeniería, tipografía, etc., mientras que el consumo de compiladores ha disminuido enormemente. Los programas actuales son fácilmente transportables y dedican una parte importante de su código a la interrelación con los usuarios: la presentación se ha convertido en uno de los principales parámetros que determinan la propagación de un programa.

Para el diseño de la circuitería de las computadoras personales existen ahora estándares de dominio público que han sido adoptados por muchos fabricantes; esta situación también se presenta en el campo de la programación en relación con los sistemas operativos, los paquetes de aplicación y los lenguajes de programación. La presencia de estos estándares favorece la difusión masiva de los productos, pero también da ventaja en la competencia a las grandes agrupaciones.

El empleo de las computadoras en mi campo de especialidad, el control automático, es también intensivo. Al fenómeno de transformación de los sistemas y aparatos productivos para dotarlos de un alto grado de automatización lo hemos denominado reconversión industrial. Hoy día existe una gran disponibilidad de dispositivos que permiten automatizar de manera económica y segura la mayor parte de los procesos de producción y manufactura.

La presencia de las computadoras en el ambiente de la automatización industrial también ha incidido en la calidad de los productos, medida esta en términos de las tolerancias de los bienes producidos, y ha producido un

gradiente importante a favor del consumo de productos cuya producción ha sido supervisada por sistemas automatizados.

#### SITUACIÓN ACTUAL EN NUESTRO PAÍS

En nuestro país la situación general con respecto a las tecnologías de la computación, informática y automatización es de fuerte dependencia hacia el exterior; el mercado nacional en estos rubros está dominado por compañías multinacionales. Las labores de producción local se limitan, en el mejor de los casos, a las de ensamblado y empaque de tarjetas y sistemas, cuando no únicamente a la maquila de los mismos.

En lo que se refiere al diseño de circuitos integrados, que son los elementos primordiales para el diseño de las computadoras, tenemos definitivamente un gran retraso. Ello no quiere decir que no existan unos pocos grupos de investigación y desarrollo con capacidad técnica para abordar este problema; sin embargo, han carecido de la trayectoria y oportunidades necesarias para poder descollar en un ambiente en que la dinámica de cambio es extraordinariamente rápida.

La situación podría ser mejor, aunque no lo es, en lo que se refiere al diseño de productos que usen como base circuitos integrados elaborados previamente: las famosas tarjetas; existen países en la Cuenca del Pacífico que tienen volúmenes de producción muy importantes en este renglón. Se trata de un mercado en que la oportunidad es el factor más importante para el buen éxito en la competencia y en el que no hemos sabido aprovechar las ventajas que da el contar con la mano de obra más barata del mundo (incluida, por supuesto, la de los maestros e investigadores universitarios).

Como país somos también grandes consumidores de programas importados; sin embargo, en relación con los programas que se adquirían y usaban en la época de las grandes computadoras, la ventaja que significa la difusión masiva de estándares computacionales (léase computadoras personales y sistemas operativos) es que hoy día no adquirimos programas obsoletos y que, al menos como consumidores, estamos más o menos al día.

La automatización de los procesos industriales es aún incipiente en nuestro país, aunque su ritmo ha aumentado notablemente en los últimos cinco años; la tecnología es también extranjera en este caso.

## PROSPECTIVA

A continuación presento un comentario sobre el escenario que es de esperarse en los próximos años en nuestro país en relación con los sistemas de cómputo. En primer término considero que no se puede esperar una modificación sustancial en nuestros hábitos como consumidores de sistemas de cómputo, es decir, no se vislumbra una ruptura en la dependencia tecnológica en este sector.

En opinión de muchos especialistas, es en el área de la programación donde deben concentrarse la mayor parte de los esfuerzos para el desarrollo equilibrado de la informática, pues de lo contrario no se aprovechará cabalmente la enorme capacidad de los circuitos que actualmente se diseñan. Por otro lado, aunque he dicho que hacerla de pitoniso es peligroso, parece que en el corto plazo no puede esperarse que se mantenga indefinidamente la tasa de crecimiento de la capacidad de los circuitos integrados, lo que refuerza esta hipótesis de maximizar su aprovechamiento a través de programas apropiados.

He escuchado en reiteradas ocasiones que en el campo del desarrollo de programas, a pesar de la actual dependencia, nuestro país puede competir exitosamente en el mercado mundial. Mi opinión al respecto es que efectivamente el desarrollo de programas no requiere de una fuerte inversión, ni un aparato industrial modernizado; en este sentido, basados exclusivamente en nuestra capacidad técnica en el área, la hipótesis resulta razonable; lamentablemente, los grupos nacionales involucrados en el desarrollo de programas para consumo masivo, que son los que dominan actualmente el mercado de la programación, son muy escasos. En esta época de privatización, resulta claro que las posibilidades de inversión y promoción para este sector recaen principalmente en el capital privado. Hay que señalar que la falta de existencia de grupos involucrados activamente en el área produce un círculo vicioso que debe romperse; la inexistencia de especialistas con capacidad de transmitir sus conocimientos —a través, por ejemplo, de las instituciones de enseñanza superior— genera a su vez una baja velocidad de reposición y reproducción de los recursos humanos altamente especializados que son indispensables en estas empresas. En conclusión, se puede afirmar que en esta área existe potencial, siempre y cuando se resuelva el problema de formación de recursos humanos y de inversión financiera inicial.

En el campo de la automatización de los procesos industriales, es del dominio público que nuestro país está sujeto a grandes presiones para incorporarse al mercado internacional para “competir” en él. Para ello re-

quiere reconvertir una buena parte de sus procesos industriales. Está en puerta entonces una fuerte inversión en este renglón. De continuarse con la tendencia actual, nos limitaremos a adquirir los sistemas para automatización que nos provean del exterior. Existe claramente una gran oportunidad para que la industria nacional recurra a los tecnólogos locales con capacidad para resolver este tipo de problemas; esto si se considera deseable trabajar hacia la independencia tecnológica en este renglón.

Como universitario, me preocupa en especial el papel que las instituciones de educación superior en general, y la Universidad en particular, habrán de desempeñar en este proceso. Se tiene por un lado la presión de los sectores consumidores de profesionistas para formar individuos con capacidad de manejar los productos computacionales que adquirimos. Por el otro está el reto de aumentar nuestra capacidad técnica en el área, como un elemento indispensable para dominar totalmente la tecnología en primer término y lograr generarla en segundo. Me parece que la Universidad debe balancear la formación de sus estudiantes considerando ambos aspectos.

#### ASPECTOS INTERDISCIPLINARIOS

La automatización de los procesos productivos y de servicios produce fuertes presiones sociales debido a la movilización que implica en la fuerza laboral. Como resulta claro, nuestro país no puede ser la excepción al respecto, más si se considera que ya aun antes de que se diese este fenómeno de reconversión existían fuertes rezagos en la creación de plazas de trabajo. Al respecto, hoy día se puede decir que, independientemente de la posición personal sobre la conveniencia para nuestro país de esta reconversión masiva, es un hecho que existe una fuerte presión de los grupos económicamente dominantes para realizarla; en este contexto el problema para los estudiosos en el corto plazo consiste en el estudio de alternativas para mitigar su costo social, en la posibilidad de proponer estrategias que no impliquen aumentar el número de miserables y las estadísticas de los desempleados, subempleados, o trabajadores informales.

El Tratado de Libre Comercio, como paradigma de la modernidad, como bandera de esta necesidad de reconversión, está ahora sobre el tapete. Al concretarse, implicará un aumento en la tendencia de automatización de procesos, producida tanto por flujo de capital externo como por la necesidad de mantener la competitividad de las empresas nacionales. Hace falta estudiar las posibles implicaciones de este convenio en los distintos ámbitos de la vida social: cultural, educativo y científico.

En el contexto económico en que nos movemos, la aplicación de las tecnologías de cómputo y automatización pretende maximizar la tasa de reproducción de las ganancias. Ello necesariamente implica un aumento indiscriminado en la producción y el consumo. Creo que en ambos puntos existe abundante material para que los científicos —sociólogos, economistas, antropólogos, ecologistas, etc.—, puedan prever las consecuencias de este aumento.

#### DIGRESIÓN

Como punto final, y no sin riesgo de salirme del tema del simposio, quisiera proponerles una serie de reflexiones sobre la ruta a que conduce esta carrera frenética de la producción y el consumo. El sistema económico está diseñado para garantizar la reproducción del capital; lo que no está claro es hacia dónde puede conducir su reproducción indiscriminada. Se me ocurre como analogía el caso de los reactores nucleares en los que se debe cuidar escrupulosamente su reactividad, que es la tasa de reproducción de los neutrones que provocan la fisión. Si la reactividad es baja, el reactor deja de funcionar, pero si crece indiscriminadamente, sin control, se produce la reacción en cadena que conocemos como bomba atómica. La verdad, me provoca pavor pensar cómo puede quedar un mundo con recursos limitados después de una reacción económica en cadena, reacción a la que por ahora pienso que nos dirigimos irrefrenablemente.

Las computadoras son la tecnología de la supervisión y de la toma de decisiones a velocidades sorprendentes; su empleo está haciendo posible el surgimiento de un artificio social, el del desarrollo y el progreso, el de la libertad y la democracia, el espejismo de la abundancia. Me pregunto si no es a la luz de este artificio como juzgamos la bondad de nuestra situación sociopolítica. La tecnología de la electrónica ha sido hasta ahora patrimonio esencialmente de los países occidentales, muy especialmente de Estados Unidos; no es remoto mencionar como una hipótesis que explica en buena medida los procesos de transformación política que están viviendo los países socialistas (o "ex socialistas") como un producto de lo que la carencia de esta tecnología significó para ellos. La explicación, lo sé, es simplista; pero no deja de ser un hecho histórico que la posesión de una tecnología ha significado, en muchas ocasiones, la posibilidad de dominio de una cultura sobre otra.

Existe un gran reflejo de esta tecnología sobre la cultura y la identidad sociales e individuales, debido a la distorsión del tiempo y las distancias, a

la selectividad con que ello ocurre. Anteriormente era necesario que pasaran años para recibir información sobre acontecimientos importantes; hoy solamente deben pasar segundos para que nos enteremos de ciertas categorías de acontecimientos (ejemplos recientes los tenemos con la guerra del golfo Pérsico o el golpe de Estado en Haití). Esta distorsión del tiempo y el espacio ha trastocado nuestro contacto con lo íntimo, con lo cercano, nuestra capacidad de asimilación; nunca antes como ahora habíamos estado sujetos a un proceso tan global de transculturización selectiva. Estamos, al parecer, creando una sociedad en que la uniformidad y homogeneidad empiezan a ser peligrosamente comunes, en que los matices, tonos y colores de las cosas — ideas, personas, objetos — empiezan a perder ese espíritu de diferencia, de dignidad que los caracteriza. Es en este sentido en el que el empleo de los sistemas computarizados implica un gran problema ético y político: ¿qué información?, ¿para quiénes? y ¿para qué? Respuestas completas, lamentablemente, no las tengo.

## LOS CIENTÍFICOS FRENTE A LA MODERNIDAD LÍNEAS PARA UN PERFIL<sup>1</sup>

Rocío Amador Bautista

Las definiciones permitidas públicamente se refieren a *qué* es lo que queremos para vivir, pero no *cómo* querríamos vivir si en relación con los potenciales disponibles averiguáramos *cómo podríamos* vivir. Jürgen Habermas<sup>2</sup>

La incorporación de la sociedad mexicana a la revolución científica y tecnológica, al modelo de desarrollo económico de las sociedades industrializadas y al nuevo orden político internacional, representa para el gobierno mexicano la necesidad de una redefinición de acciones políticas y económicas que promuevan la transformación de la producción, distribución y consumo industrial, que a su vez contribuirá a la promoción de nuevas formas de participación social y a la configuración de una nueva cultura.

En el escenario de la nueva economía global, el gobierno mexicano enfrenta una crisis financiera que se propone resolver por "la vía rápida" de las negociaciones comerciales con el exterior (Tratado de Libre Comercio), y una crisis política que pretende superar mediante estrategias sustentadas en viejas legitimaciones (Programa Nacional de Solidaridad), para mantener el control político interno y las concertaciones económicas con el exterior. Para ello, los modernos políticos llevan a cabo "concertaciones" internacionales y "pactos" nacionales, promoviendo la participación libre de las empresas trasnacionales y privatizando la economía interna, que impactan de manera desigual los diferentes sectores productivos del país: industriales, agropecuarios, artesanales e intelectuales.

La expectativa de un modelo modernizador de la administración pública, establecido por los países monopólicos de la economía mundial, apa-

<sup>1</sup> El texto que se propone recoge algunas de las ideas manifestadas por los científicos en sus artículos firmados, que aparecen en los principales diarios de circulación nacional. La brevedad del trabajo no da cuenta de todos los artículos publicados por científicos durante 1990. Para la elaboración de este ensayo, los científicos y los artículos fueron seleccionados con base en dos criterios: el liderazgo en el campo de la opinión pública y la representatividad del artículo en cuanto a las opiniones expresadas por el autor durante el año.

<sup>2</sup> Habermas, Jürgen. *Ciencia y técnica como "ideología"*, Madrid, Tecnos, 1989, p. 109.



rece como una contradicción con el modelo de una sociedad tradicional que ha vivido al margen del desarrollo industrial, que en la actualidad define las modalidades de producción y el perfil de los sujetos que pueden incorporarse a los procesos productivos. Cada vez más tecnología y menos trabajo manual. Para superar la ruptura o la contradicción que obstaculice el proceso de modernización, el gobierno institucionaliza la ciencia y la tecnología como ejes fundamentales del progreso económico y político. Con tal propósito se crean organismos (CCC) y programas (SNI, Programa de Estímulos a la Productividad en centros de investigación y universidades), tendientes a promover el desarrollo de la investigación y la innovación tecnológica.

La modernización como proyecto de administración económica y política del actual gobierno se hace manifiesto en el Programa Nacional de Ciencia y Modernización Tecnológica, donde se definen objetivos, estrategias y políticas de desarrollo científico y modernización tecnológica, criterios de financiamiento para la investigación, planes y programas para el fortalecimiento de la educación, formación de recursos humanos en estos campos y la difusión del conocimiento científico.<sup>3</sup>

En dicho Programa la educación, la investigación y la difusión del conocimiento se plantean como actividades fundamentales para impulsar el proceso de transformación que permita la competencia internacional en los mercados. Sin embargo, la realidad educativa nacional revela el desequilibrio entre los diversos sectores que tienen acceso a la educación en los diferentes niveles y campos, como consecuencia de una desproporcionada producción, distribución y consumo de conocimientos. Los individuos con mayor acceso al capital de conocimientos tienen en consecuencia una mayor posibilidad de participación en el sector de la producción y en la estructura del poder frente a aquellos individuos marginados del desarrollo educativo, económico, social y de participación política. Desde este punto de vista, el perfil de los sujetos que pueden incorporarse al nuevo modelo de producción industrial está definido por el nivel de productividad y eficiencia profesional y no por su fuerza de trabajo.

El argumento político del discurso gubernamental, de sustentar la modernización en la planeación democrática del desarrollo, es una estrategia para justificar la transformación del modelo de planeación educativa que contribuya a dar respuesta a los requerimientos del nuevo modelo de desarrollo, más que atender los problemas de una realidad concreta. El analfa-

<sup>3</sup> *Programa Nacional de Ciencia y Modernización Tecnológica, 1990-1994*, México, Secretaría de Programación y Presupuesto, Conacyt, 1990, pp. 13-17.

betismo, los índices de deserción escolar, el bajo ingreso a las carreras científicas y técnicas, así como el bajo índice de eficiencia terminal, revelan el atraso educativo y productivo en que se encuentra el país.<sup>4</sup>

El proyecto educativo gubernamental revela la necesidad inmediata de incorporar saberes tendientes a legitimar estrategias de política económica, pero no de satisfacer necesidades educativas reales. Desde este punto de vista, el control de la variable educativa significa asegurar la transmisión de un nuevo concepto de educación en el marco de una "cultura industrial". En este sentido, la educación como proceso de socialización garantiza la legitimación del nuevo orden de las fuerzas productivas, pero no asegura el acceso al mercado de trabajo en términos de igualdad de oportunidades, ni de una vida democrática. Es evidente que la modernización se plantea como un proyecto de administración pública y no como un proyecto de justicia social.<sup>5</sup>

El rezago educativo sitúa al país en una posición de dependencia no sólo de los capitales financieros, sino de los capitales culturales, conocimiento científico e infraestructura tecnológica por carecer de los recursos humanos suficientes para crear el conocimiento y la tecnología necesarios para un desarrollo independiente y competitivo en el nuevo orden de relaciones de poder y saber. El dominio político de los países monopólicos del desarrollo industrial encuentra su legitimación de poder en la producción de conocimientos y tecnologías vinculados a la producción económica y a la administración pública. "Hoy, la dominación se perpetúa y amplía no sólo por medio de la tecnología, sino como tecnología, y ésta proporciona la gran legitimación de un poder político expansivo que engulle todos los ámbitos de la cultura."<sup>6</sup>

En este contexto de modernización en México, las relaciones entre políticos y científicos se definen, según el modelo de participación política

<sup>4</sup> A la fecha se encuentran matriculados 25 millones de alumnos en educación básica. De 14.6 millones inscritos en nivel primario, sólo el 54% concluye los estudios. Anualmente hay una deserción de 800 000 alumnos. Por su parte, de los 4.3 millones de jóvenes inscritos en el nivel de secundaria, alrededor de 1 millón no termina sus estudios en el periodo de tres años. Existen cerca de 1 700 000 adolescentes entre 10 y 14 años que no realizan ningún tipo de estudios, además de 4.2 millones de adultos analfabetos, 20.2 millones con primaria no concluida y 16 millones con secundaria no terminada. De continuar el rezago educativo se calcula para 1994 una población de 47.3 millones de personas en estas condiciones. Cf. *Programa de Modernización Educativa 1989-1990*, México, SEP, 1990, pp. 36-37 y 82.

<sup>5</sup> Bordieu, P. y Passeron, J. C. *La reproducción. Elementos para una teoría del sistema de enseñanza*, Barcelona, Laia, 1981, pp. 44-45.

<sup>6</sup> Habermas, Jürgen, *op. cit.*, p. 58.

actual, por el dominio de la voluntad gubernamental al margen de toda participación democrática. En todo caso "...el proceso de formación democrática de la voluntad colectiva se reduce a un proceso regulado de aclamación de las élites llamadas a alternar en el poder".<sup>7</sup> De ahí que las relaciones entre funcionarios públicos y expertos puedan plantearse en términos de legitimación (reconocimiento), negociación (concertación o pacto), oposición (antagonismo), interferencia (obstáculo) o impugnación (refutamiento al poder), manifestadas públicamente en el escenario de la prensa, en una "acción comunicativa"<sup>8</sup> orientada a definir el nuevo escenario de la modernización.

Al iniciar 1990, año de la "institucionalización del proceso de modernización del desarrollo" en el Programa Nacional de Ciencia y Modernización Tecnológica, el doctor Hugo Aréchiga, al tomar posesión como presidente de la Academia de la Investigación Científica, declara con toda claridad que las relaciones entre el gobierno y un sector importante de la comunidad científica, representado en la AIC, han permitido promover y consolidar la ciencia en México durante las tres últimas décadas.

Como vocero de la comunidad, ha llevado el mensaje de la ciencia a los diversos sectores de nuestra sociedad, y se ha sumado con entusiasmo a las acciones más importantes que nuestro gobierno ha promovido para estimular el desarrollo científico. Baste mencionar la participación fundamental que tuvimos en la creación y en las primeras acciones del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, y que fue nuestra Academia, por invitación del presidente de la República, la encargada de preparar el proyecto de creación del Sistema Nacional de Investigadores en cuyo funcionamiento hemos participado con nuestra mejor voluntad.<sup>9</sup>

Al hacer referencia a estas relaciones entre los dos sectores, el doctor Aréchiga reconoció que no ha faltado conciencia, "ni en el gobierno ni en nuestra comunidad científica" de que el destino del país es avanzar de manera firme al mundo del conocimiento. Sin embargo, reconoció que *el país* ha invertido en investigación científica menos que otros con desarrollos

<sup>7</sup> Habermas, Jürgen. "Política científizada y opinión pública", en *op. cit.*, p. 141.

<sup>8</sup> "Por acción comunicativa entiendo una interacción simbólicamente mediada. Se orienta de acuerdo con *normas intersubjetivamente vigentes* que definen expectativas recíprocas de comportamiento y que tienen que ser entendidas y reconocidas, por lo menos por dos sujetos agentes." *Ibid.*, p. 68.

<sup>9</sup> Aréchiga, Hugo. "Futuro de la ciencia en México", *La Jornada*, 29 de enero de 1990, p. 35.

semejantes o inferiores al nuestro, trayendo como consecuencia un estancamiento en la producción científica, escasa matrícula en los posgrados y éxodo de científicos hacia el extranjero o hacia actividades mejor remuneradas. Considerando este “escenario de estrechez” el doctor Aréchiga plantea que “surgen nuevas esperanzas pero que también entrañan nuevos problemas”.<sup>10</sup>

Las nuevas esperanzas son: la competencia del sector industrial público y privado con el exterior “está creando ya un mercado para la industria del conocimiento”. “La inversión privada en ciencia y tecnología tendrá que aumentar en el futuro cercano”, lo que traerá como consecuencia un acercamiento en las relaciones entre científicos y empresarios.

Los nuevos problemas: “la transferencia de investigadores de las universidades a las industrias, atraídos por mejores condiciones de trabajo”, lo que significará la descapitalización intelectual de las universidades.

La mejor alternativa: la “...asociación entre universidad e industria, que ha sido fructífera en otros países, de manera que ambos sectores se fortalezcan mutuamente”. En este caso, considera, será necesario hacer cambios para transformar la educación, con el propósito de “...fortalecer a las instituciones de educación superior para que puedan convertirse en los generadores de científicos y de conocimiento que necesitamos”. Y “...producir ese tipo de profesionista creativo e innovador que demanda nuestra circunstancia”. De tal suerte que el proceso de modernización contribuirá, desde este punto de vista, al estrechamiento de relaciones entre científicos, empresarios y gobierno.

En este sentido, el doctor Hugo Aréchiga confirma en la ceremonia de entrega de premios de la AIC celebrada en Los Pinos el 26 de septiembre del mismo año ante el presidente de la República el reconocimiento de las acciones gubernamentales orientadas al fortalecimiento de una política científica, con la participación de los científicos:

Es ya de suyo plausible que el gobierno federal haya creado en este lapso y siga apoyando al Sistema Nacional de Investigadores, que la administración que usted preside haya mejorado el presupuesto del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y establecido el Consejo Consultivo de Ciencias, con el que nuestra Academia está colaborando y continuará haciéndolo, con entusiasmo.<sup>11</sup>

El doctor Miguel José Yacamán coincide con el doctor Aréchiga en que en las décadas anteriores la nación realizó un esfuerzo considerable en

<sup>10</sup> *Ibid.*

<sup>11</sup> *Ibid.*

la formación de recursos humanos gracias al apoyo de instituciones que propiciaron el envío de becarios al extranjero en diversas áreas, lo que permitió contar, en la década de los ochenta, con el mínimo de investigadores que permitiera la autosuficiencia en la formación de nuevos recursos humanos.

En otras palabras, ya es posible emprender en el país proyectos de posgrado en diversas áreas de la ciencia que generan doctores y maestros con un nivel similar al de las universidades americanas. Esto es un logro sorprendente y no trivial y que pocos países del Tercer Mundo han podido generar.<sup>12</sup>

Sin embargo, el doctor Yacamán plantea con base en la crisis económica de 1989, como antecedente, cuatro escenarios posibles en el futuro de la investigación científica: 1] Fuga de cerebros, de jóvenes recién formados hacia el extranjero por los mejores salarios. 2] La interacción industria-universidad, que evitaría la fuga de cerebros al extranjero pero dismantlaría la planta de investigadores de las universidades. 3] Desaparición de las universidades públicas ante las universidades pequeñas, donde se creen grupos de élite y se desperdicie la inversión en equipo con que cuentan las universidades públicas. 4] El multichambismo que trae aparejada la ineficiencia de producción.

Los cuatro escenarios, enfatiza Yacamán, traerían como consecuencia la destrucción del aparato científico nacional. Y en casi todos los casos el origen es el problema salarial, al que el gobierno no ha dado una solución, aun cuando se formó el Consejo Consultivo de Ciencias. La mejor alternativa es: "salvaguardar la investigación en las universidades públicas, las cuales representan hoy por hoy la avanzada de investigación en este país".<sup>13</sup>

En este sentido, el doctor Ruy Pérez Tamayo comparte la preocupación de las repercusiones de los bajos salarios en la investigación científica, que a su vez será afectada por los criterios gubernamentales de asignación de recursos financieros para desarrollar la ciencia, de acuerdo con prioridades establecidas en el Plan Nacional de Desarrollo. Desde este punto de vista, apunta el doctor Pérez Tamayo, si la ciencia habrá de desarrollarse conforme al modelo de prioridades gubernamentales para contribuir a la solución de problemas nacionales, habría que definir los problemas para saber cuáles son las prioridades. "Las prioridades —señala— son una rea-

<sup>12</sup> Yacamán, Miguel José. "1989: un año crucial para la ciencia mexicana" (primera de dos partes), *La Jornada*, 14 de febrero de 1990, p. 17.

<sup>13</sup> *Ibid.*

lidad en la vida diaria como en la ciencia” y estas prioridades científicas deben establecerse en función de dos realidades: “[1] el estado actual de la ciencia en nuestro país y 2] los problemas que requieren una solución científica”.<sup>14</sup>

El examen más somero de la ciencia en México (de *toda* la ciencia en *toda* México) revela que sigue siendo subdesarrollada, centralizada, enajenada, apolítica, paupérrima, sospechosa y desconocida; estas características la transforman automáticamente en un grave y urgente “problema nacional”.<sup>15</sup>

En el contexto general de sus discursos, el doctor Pérez Tamayo señala reiteradamente que las deficiencias académicas y administrativas en la UNAM han obstaculizado el desarrollo de la investigación científica. Sin embargo, reconoce que la Universidad Nacional “...es uno de los centros de investigación científica más importantes de México”, dado que las instituciones de enseñanza privada e incluso otras universidades públicas no cumplen simultáneamente las funciones de investigación, enseñanza y divulgación del conocimiento científico.

Pérez Tamayo señala que el proceso de evaluación de las universidades públicas solicitado por la SEP, de acuerdo con las metas del Plan Nacional de Desarrollo, para asignar presupuestos y apoyos especiales, representa un grave problema si los criterios de evaluación estarán determinados por un criterio “inversionista” de costo-beneficio y la “fidelidad de los objetivos de la Universidad a la política del gobierno actual”, lo que favorecerá exclusivamente los proyectos atractivos a la iniciativa privada.<sup>16</sup> El proceso de evaluación de la Universidad, con el que está teóricamente de acuerdo, plantea un problema desde el punto de vista de los criterios y mecanismos que “parecen violatorios de la autonomía universitaria y que proscriben a la función de la universidad, que para obtener subsidio y apoyos especiales debe transformarse, de centro de cultura, en efector de los programas económicos del gobierno actual”.<sup>17</sup>

Si atendemos a las declaraciones de los científicos antes citados, observamos que en el centro del debate sobre la modernización de la ciencia y la tecnología se plantea la problemática de las relaciones entre el gobierno y la Universidad Nacional, de oposición, interferencia o antagonismo,

<sup>14</sup> Pérez Tamayo, Ruy. “Otra vez las prioridades científicas”, en *La Jornada*, 12 de febrero de 1990, p. 34.

<sup>15</sup> *Ibid.*

<sup>16</sup> Pérez Tamayo, Ruy. “De evaluaciones y otros peligros. I”, en *La Jornada*, 12 de noviembre de 1990, p. 42.

<sup>17</sup> *Ibid.*, parte III, 26 de noviembre 1990, p. 43.

diferenciadas de las relaciones de legitimación o negociación que se establecen entre el gobierno y un sector destacado de científicos. Las relaciones más generalizadas entre la Universidad y el gobierno han traído como consecuencia una restricción financiera que obstaculiza el fortalecimiento de la actividad académica en uno de los centros más importantes de formación de científicos y políticos, creadores de conocimiento y hacedores de la historia de este país, que en muchos de los casos han sido y son críticos del sistema. En última instancia, las relaciones entre el gobierno y la Universidad revelan públicamente un problema político de fondo, que es el reclamo de una vida democrática que implica el respeto al pluralismo ideológico y la libertad intelectual, más allá de demandas puramente financieras.

Desde el punto de vista de los científicos sociales, la modernización se reconoce como una estrategia de administración pública, sustentada en una filosofía de cientifización de la política para la redefinición de un proyecto histórico de país.

Si bien es cierto que la revolución científica y tecnológica coadyuva a la readecuación eficiente de la economía internacional de las sociedades posindustrializadas, también provoca en las sociedades periféricas como México una dependencia en todos los órdenes de la productividad en aras de una supuesta modernidad. Sin embargo, el problema fundamental de esta estrategia de desarrollo de globalización económica es el agudizamiento de la ruptura entre el nivel de desarrollo de nuestro país con relación a los países avanzados, en los que el saber científico y tecnológico son parte fundamental del sistema nervioso central de la transformación económica y social. El problema no radica exclusivamente en someter la transformación del país a un proyecto sexenal; se trata de una transformación histórica que impacta todos los ámbitos de la cultura, como lo señala Pablo González Casanova.

La modernización se concibe mejor cuando no sólo se le ve como un proceso nacional y coyuntural sino como un proceso global e histórico. Con lo anterior quiero destacar que el problema no consiste en estar en favor o en contra de la modernización, pues ésta es un hecho que abarca el conjunto del universo [...] el problema de la modernización consiste en saber si se trata de una modernización autoritaria o democrática [...] para la Universidad, la modernización no es un asunto de aceptar o rechazar [...] la modernización es un hecho [...] que nos obliga a pensar en la modernización que queremos dentro de un proyecto humanista.<sup>18</sup>

<sup>18</sup> González Casanova, Pablo. "Salvar a la Universidad del neoliberalismo privatizador", en *Excelsior*, 16 de febrero de 1990.



Desde el punto de vista del doctor González Casanova, el proceso de modernización no puede reducirse a la voluntad política gubernamental para transformar un país, ni a la orientación exclusiva de los científicos que determinen el cambio de la sociedad. El proceso de modernización debe contemplar en todo caso la comunicación recíproca de ambos sectores con la sociedad, sustentada en el respeto al pluralismo ideológico, al pluralismo de las representaciones políticas, al diálogo y a la libertad intelectual y laboral. "En el campo de la democracia como cultura, no sólo nos atañe el problema de la democratización como diálogo; sino el problema de la democratización como trabajo moderno e incluso especializado."<sup>19</sup>

Desde esta perspectiva, en la que el proceso de modernización implica la democracia, se amplía la función social de la Universidad como eje fundamental del desarrollo científico, tecnológico y cultural. En este sentido, no puede someter el avance científico a las demandas particulares de un grupo en el poder, apoyadas en el argumento de que son demandas sociales, para determinar el quehacer científico en su totalidad.

El que haya funcionarios de gobierno que de vez en cuando digan qué tipo de profesionales esperan que la Universidad forme, o empresarios que manifiesten esporádicamente qué tipo de investigación desearían que realizara nuestra Casa de Estudios, no pueden entenderse, de ninguna manera, como *exigencias* de sociedad, sino únicamente como opiniones personales que hay que tomar en cuenta, pero no pueden dictar normas en el momento de establecer las prioridades y los planes de trabajo de la Universidad.<sup>20</sup>

Si se considera la modernización como proceso de transformación de la realidad y los paradigmas conceptuales, como señala Gilberto Guevara Niebla, la Universidad desempeña un papel estratégico en "la creación de conocimientos científicos y en la capacidad de formar cuadros técnicos de excelencia". "El poder tener una universidad como ésta se convierte, dadas las condiciones actuales, en una cuestión de soberanía nacional."<sup>21</sup> La falta de recursos humanos capacitados para incorporarse a los nuevos mercados de trabajo y la carencia de una infraestructura tecnológica adecuada a los requerimientos de la producción industrial nos sitúa en una clara relación de dependencia financiera y cultural con el exterior.

<sup>19</sup> *Ibid.*

<sup>20</sup> Córdova, Arnaldo. "La investigación en la Universidad" (v y última parte), *Unomásuno*, 27 de enero de 1990, p. 9.

<sup>21</sup> Guevara Niebla, Gilberto. "La Universidad ante los desafíos de la modernización", primera de tres partes, *El Nacional*, 3 de febrero de 1990, p. 5.

El gran reto de la Universidad Nacional es también dar respuesta a las exigencias del "México premoderno, marginado e históricamente segregado [...] parte de la sociedad doblemente oprimida, que sufre la opresión propia de la sociedad moderna y que sufre la opresión de su condición de desarraigo cultural. En este universo social se localizan las comunidades indígenas, los sectores más pobres del campo, el mundo urbano marginado, etcétera."<sup>22</sup>

El proceso de modernización evidenciará seguramente las contradicciones, rupturas y brechas históricas, culturales y económicas, de una sociedad configurada por hombres e ideas profundamente diferentes que alternan en un escenario común.

<sup>22</sup> *Ibid.*

# LA FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS EN EL SECTOR DE LA EDUCACIÓN TECNOLÓGICA PARA LA TERCERA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL EN MÉXICO

**Estelio R. Baltazar C.**

## INTRODUCCIÓN

La formación de recursos humanos para la sociedad remite siempre a un tema controvertido, que va desde la responsabilidad social del Estado con relación a la educación, hasta la definición de los contenidos de los programas de estudio que traduzcan las expectativas de los sectores de la sociedad hacia donde va orientado el producto educativo.

En torno a esta ubicación de responsabilidades de la educación existe una amplia discusión que se refiere a cuestiones ideológicas o metodológicas que la sociedad mexicana ha abordado en su devenir histórico y que, producto de las circunstancias, le ha dado un determinado enfoque o solución de compromiso.

Así, por ejemplo, se ha concretado en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos el artículo tercero, que le da cauce a la norma general para organizar el servicio educativo a nivel nacional. Sin embargo, producto de las circunstancias, este artículo ha sufrido varias modificaciones desde que el legislador de 1917 lo planteara en su forma original.

Deseo iniciar esta exposición con este análisis, en razón de que justamente este tema tiene su anclaje en una concepción del servicio educativo en un caso particular, como es el del Estado mexicano.

Hay también que señalar el hecho de que la educación ha sido una inquietud permanente de la sociedad, que se manifiesta de diversas formas pero que siempre demanda su atención y busca conductos para su desahogo.

Si se toma un indicador de gasto para educación que no sólo abarque el presupuesto destinado para ella por el gobierno (federal, estatal y municipal), sino que considere la educación atendida por los particulares y los renglones de gasto que van asociados con la educación, como serían transporte y materiales que requieren los estudiantes (libros de texto, cuadernos, lápices, cintas de audio y video, disquetes para microcomputadoras y algunos otros renglones como material para talleres y laboratorios) nos sorprenderíamos de las cifras que se manejan.

Todo ello refleja el referido interés de la sociedad en la educación, que desde luego también trae asociado el interés que algunos sectores de ella tienen como fuente de negocios que prosperan alrededor de la educación (por ejemplo, los libros de texto).

Perdón por estas digresiones que aparentemente me alejan del tema principal pero que me permiten ubicarlo en una tesitura tal que su análisis no sea innecesariamente simplificado.

Si he de hablar de la política educativa en relación con la formación de recursos humanos necesarios para soportar la tercera revolución industrial en México, creo que es legítimo enmarcar debidamente este tema.

También quisiera caracterizar esta denominada "tercera revolución industrial en México" en términos de criterios que establezcan fronteras menos definidas que las que podrían presentarse en otras latitudes, en razón de pautas de industrialización más concentradas y generalizadas.

Permítanme explicar el sentido de esta caracterización señalando que hay una cultura industrial que en algunos países existe desde hace algunos siglos y que ha habido una posibilidad de generalización de dicha cultura; sin embargo, por la intensidad del proceso de industrialización también se ha concentrado.

Esto, contra un proceso de industrialización a nivel nacional que no tiene la antigüedad que el de otras latitudes y que, además, no ha podido tener la difusión que se presenta en otros países.

Todo ello para señalar que la tercera revolución industrial implicaría un proceso atomizado en el que algunas ramas de la actividad industrial entrarían de lleno a la automatización y otras, en razón del tamaño de la actividad a que se dediquen, no participarían de este movimiento de innovación.

Esto también induce a pensar en una formación de recursos humanos orientada a atender dichos segmentos del mercado laboral que requieran de perfiles específicos.

Ahora bien, este planteamiento nos remite a un orden de criterios de carácter geográfico para analizar la demanda de recursos humanos para regiones del país con alto desarrollo industrial, en donde, consecuentemente, se va a requerir de los profesionales que satisfagan ciertos perfiles.

También quisiera proponer que se me permita recurrir a un par de variables (como indicadores) que caractericen el grado de industrialización; una de ellas sería la productividad de los procesos industriales y la otra la calidad de los bienes que se generen en ellos.

Con estos indicadores se tratará de identificar la concentración y generalización de la industrialización a nivel nacional.

En este mismo trabajo se analizará igualmente otro aspecto importante de la innovación tecnológica: el relativo a los valores que alientan o desestimulan la creatividad por un lado y, por otro, la difusión de la innovación tecnológica. Frecuentemente este aspecto es descuidado y se asume que la innovación tecnológica surge por generación espontánea, o bien, que la difusión de la innovación tecnológica se da en una forma natural y no requiere de un mayor esfuerzo.

#### MARCO GENERAL

Como se ha comentado, este trabajo puede ser enfocado en una determinada óptica ideológica y metodológica que, consecuentemente, trasmina sus resultados; quisiera manifestar que en el terreno ideológico prefiero acogerme a un sano o malsano eclecticismo, sin que ello me impida tratar de calificar la bondad o no de los principios utilizados y, en consecuencia, las desventajas de las herramientas empleadas y que estén fuertemente influidas por una determinada ideología.

Creo que no es deleznable el utilizar una u otra herramienta para la consecución de una determinada tarea, lo importante es no perder de vista las limitaciones de dicha herramienta.

Un punto importante para justificar la planeación en la formación de los recursos humanos es la magnitud de los recursos comprometidos en el servicio educativo y que, desde luego, obligan a justificar una determinada línea de acción producto de la toma de decisiones en el nivel de la asignación presupuestal.

La duda que siempre subsiste cuando se decide por alguna opción de acciones que se abren ante el porvenir es: ¿elegí bien o pude haber seleccionado otra opción? ¿Qué sería lo mejor para un determinado fin?

Es frecuente que se califique inicuaente al gasto educativo como un gasto inútil, que pudo haberse derivado hacia otras actividades, como por ejemplo: salud o infraestructura agrícola o de transportes.

Esta discusión nos lleva a los criterios de rentabilidad del servicio educativo en sus diferentes niveles, pero con frecuencia no está claramente identificado el beneficio que se deriva del servicio educativo. Por ejemplo, en el caso de la educación básica, los estudios de economía en educación manifiestan que son servicios de alta rentabilidad; pero ¿cómo se caracterizan sus beneficios y cómo se pueden expresar en términos monetarios? Sigamos con el ejemplo de la educación básica. ¿Cómo traducir el beneficio de la lectoescritura y del dominio de la aritmética en términos de su utili-

dad, para que un individuo alfabetizado se incorpore con más ventajas al mercado ocupacional *versus* otro que es analfabeto? Y en el mismo orden de ideas, ¿cómo traducir el beneficio que deja el aprendizaje en ciencias naturales en la preservación de la salud del individuo y de la sociedad?

Tomaré un lamentable ejemplo de nuestros países hermanos de Sudamérica que están sufriendo los embates del cólera (enfermedad de la pobreza) y donde los negocios relacionados con las exportaciones alimentarias o con el turismo están sufriendo graves daños que se traducen en pérdidas para las empresas y los países.

¿Qué ocurriría si se hubieran destinado mayores recursos para educación, salud, agua potable y drenaje? ¿Se tendrían ahora las lamentables condiciones de pueblos que difícilmente captan los mensajes para sensibilizarlos en el combate de esta epidemia, que carecen de adecuados servicios públicos de salud y que, además, personalmente carecen de una cultura que les permita aplicar un mínimo de reglas de higiene?

Siempre subsiste la duda de cuál opción hubiera sido más razonable para orientar el gasto público, y como no son fenómenos determinísticos sino estocásticos los que están presentes en el comportamiento de la sociedad, entonces queda el amplio margen de la probabilidad de que ocurra un determinado fenómeno y el lugar para todo género de especulaciones, en donde con frecuencia se recurre a criterios pseudocientíficos para enderezar explicaciones más o menos convenientes para justificar una determinada línea de acción.

También voy a recurrir a su comprensión para sesgar el análisis de las políticas educativas más que al sistema educativo en general, a la educación tecnológica en particular, donde creo que, por obvias razones, tengo, para bien o para mal, una mayor, y espero que mejor, experiencia.

En este marco cabe también comentar que la planeación en México se encuentra normada por la Ley de Planeación, que promueve la planeación nacional del desarrollo y sienta las bases del sistema nacional de planeación democrática, que conducen a los ejercicios de planeación que el Ejecutivo Federal concreta en el Plan Nacional de Desarrollo.

Con dicho instrumento, mediante una política de concertación con los diferentes sectores del Estado, se promueve la consecución de los proyectos nacionales que conducen a la satisfacción de las expectativas de la sociedad mexicana.

Sin embargo, entre las expectativas planteadas a nivel previsional en un determinado instrumento de planeación y su ejecución o incorporación a la realidad, es decir, el difícil tránsito del discurso a la realidad, viene el decaimiento del sistema previsto en un nuevo estado ideal, *versus* el que en

la realidad se está conformando, y para el que generalmente no se tienen los instrumentos que permitan que el objetivo se vaya alcanzando y que poco a poco la realidad se vaya plegando a nuestras previsiones.

Lo que suele ser relativamente sencillo en el caso de un proyecto de ingeniería, en el que se va trasladando gradualmente desde un plano o información técnica a la realidad, no lo es en el del sistema social, en el que se mueve una gran cantidad de variables, muchas de ellas sin una adecuada comprensión o posibilidad de interactuar con ellas oportunamente, o bien que se encuentran enmascaradas por otras variables y resulta difícil su identificación y conocimiento de formas de actuación.

Además, y con todo ello, en el caso de los sistemas sociales se tiene que considerar como un elemento fundamental de la conducta humana su sistema de valores, es decir, todo aquello que, a veces hasta a nivel subconsciente, determina sus pautas de actuación en los diferentes órdenes de la vida en sociedad.

El aspecto axiológico, tan inadecuadamente comprendido y tan poco considerado en los procesos de cambio social, en los hechos manifiesta su inobjetable influencia.

#### DESARROLLO DEL SERVICIO EDUCATIVO NACIONAL

Para no extender este aspecto del análisis de la formación de recursos humanos en los diferentes órdenes que se requieren en el país, se considerará solamente a partir del establecimiento de la Secretaría de Educación Pública tal como actualmente existe, es decir, a partir de 1921, que además coincide con la etapa de consolidación del moderno Estado mexicano posterior a la Revolución de 1910.

También el hilo conductor que se seguirá en este caso, según se comentó en el apartado anterior, será preferentemente alrededor de la educación tecnológica, ya que el producto educativo de dicho sector se encamina más directamente hacia el sector industrial.

Signo de la caracterización adecuada y de la importancia de la educación tecnológica es la creación en 1925 del Departamento de Enseñanza Técnica, cuyo objetivo es orientar y controlar la apertura de escuelas técnicas, que justamente en esa época empiezan a establecerse en diversos sectores de la actividad económica industrial; tal es el caso de la vieja Escuela Nacional de Artes y Oficios, creada en la época de la Reforma y que después de varias transformaciones se convierte, en 1932, en Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, misma denominación que conserva hasta

la actualidad, formando parte del Instituto Politécnico Nacional.

En 1922 se establece la Escuela Técnica de Maestros Constructores, que se dedica a la preparación de cuadros técnicos dedicados preferentemente a la construcción.

En 1923 se crea el Instituto Técnico Industrial, dedicado a la preparación de técnicos de nivel medio.

Poco después se crea la Escuela Técnica Industrial y Comercial para señoritas en Tacubaya (1925).

En 1932 se funda la Escuela Federal de Industrias Textiles en Río Blanco, Ver., que posteriormente es trasladada al Distrito Federal.

En 1933 se funda la Preparatoria Gabino Barreda, que después se transforma en Universidad y dentro de la que se crea la Escuela de Bacteriología, que posteriormente se transforma en la Escuela de Bacteriología, Parasitología y Fermentaciones (actual Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional).

Es pertinente señalar que en 1932, siendo secretario de Educación Pública Narciso Bassols y jefe del Departamento de Enseñanza Técnica Luis Enrique Erro, se hace un esfuerzo de conceptualización de la educación tecnológica y se caracteriza la Preparatoria Técnica así como la Escuela de Altos Estudios Técnicos, que posteriormente se consideran integrados dentro de lo que se denomina la Escuela Politécnica.

Con estos antecedentes surge en 1935 la primera mención histórica sobre la concreción del proyecto de mayor envergadura del moderno Estado mexicano acerca de la educación tecnológica: la Escuela Politécnica Nacional, que ya al ser formalmente establecida se convierte en el Instituto Politécnico Nacional (IPN).

Tras del Instituto Politécnico Nacional, y ya entrando en una fase de mayor consolidación el moderno Estado mexicano, surgen diversas instituciones de educación tecnológica en general, y en particular las dedicadas al ámbito industrial; así, en 1949 surge el primer Instituto Tecnológico Regional en Durango, Dgo., casi simultáneamente con el de Guadalajara, Jal., al principio dependiendo directamente del IPN y posteriormente independizándose el primero para constituir, con el paso del tiempo, el Subsistema de Institutos Tecnológicos, y el segundo pasa a depender de la Universidad del Estado.

Entre 1949 y 1960 se establecen los siete primeros institutos tecnológicos, cuya orientación se da fundamentalmente hacia áreas del sector industrial.

Simultáneamente se desarrolla el nivel de educación media superior terminal, orientado hacia el sector industrial.



Como se recuerda, dentro del proyecto de la Escuela Politécnica Nacional también se concibe la Preparatoria Técnica, con una clara orientación hacia lo que actualmente constituye el modelo bivalente (propedéutico y terminal) del bachillerato tecnológico.

El desarrollo de la educación media superior (terminal y propedéutica) tiene su reflejo en la provincia, y de la misma manera que la educación superior tecnológica se va desarrollando gradualmente en el interior de la República, lo mismo ocurre en este servicio; así, en 1938, dentro del IPN existía una serie de carreras denominadas subprofesionales, orientadas a las áreas industriales y de servicios; de esta manera la ESIME del IPN ofrece las carreras de mecánico técnico y electricista técnico; la ESIA, constructor técnico; la Escuela Federal de Industrias Textiles ofrece las carreras de cabo de hilados, cabo de tejidos, maestro de preparación de hilados, maestro de tejidos, maestro de preparación de hilados y tejidos, y en el área de servicios, taquimecanógrafo y auxiliar de contabilidad, taquimecanógrafo y auxiliar de archivistas, tenedor de libros, experto en archivo, taquígrafo-secretario, y en el sector salud las carreras de enfermera y partera en la actual Escuela Nacional de Medicina y Homeopatía.

En dicha época (década de los cuarenta) todavía era incipiente el proceso de industrialización a nivel nacional, y fuera de los sectores tradicionales de la industria minera y petrolera, la industria manufacturera apenas empieza y en el punto de despegue que se genera gracias a las dificultades en los abastecimientos procedentes de Estados Unidos debido a la segunda guerra mundial, la industria química, que posteriormente se revela como una pujante actividad económica, todavía no descuellan; la industria eléctrica aún se encuentra en sus inicios y la actividad económica más sobresaliente por la generación de ingresos sigue siendo la agricultura y ganadería. México es todavía un país rural. Los indicadores económicos nos lo manifiestan: la población total de 19.64 millones con una población económicamente activa del 10.91 % dedicada al sector industrial.

En este periodo se crea el Departamento de Enseñanzas Especiales, que incluye a las Escuelas de Artes y Oficios y las Técnicas Elementales que antes formaban parte del IPN. Con la nueva década (1950), el país tiene ya 27.38 millones de habitantes y el 15.9% se dedicaba a actividades secundarias (industria).

En esta década se inicia el despegue de la industrialización nacional, se promueve la industria petroquímica, que es el soporte de la industria química; la industria manufacturera empieza a consolidarse sobre la base de la política de sustitución de importaciones. Con el crecimiento de la población urbana la industria eléctrica continúa su desarrollo.

Es también el periodo en que se promueve intensamente la creación de la infraestructura de comunicaciones y transportes en apoyo al proceso de industrialización, así como el proceso de concentración industrial, que posteriormente se trata de revertir.

Se concentra la industria en el Distrito Federal, estados de México y Nuevo León, y otros cinco estados empiezan a desarrollarse industrialmente: Coahuila, Chihuahua, Jalisco, Puebla y Veracruz.

Durante la administración de Adolfo López Mateos (1958) se crea la Subsecretaría de Enseñanza Técnica y Superior, que reafirma el interés del Ejecutivo Federal en la educación tecnológica.

En esta misma administración (1963), siendo secretario de Educación Pública Jaime Torres Bodet, se crean los Centros de Capacitación para el Trabajo Industrial (Cecati), donde se refleja nuevamente el interés por preparar al personal idóneo para ocupar puestos en la industria y en los servicios.

De esta época también (1957) data un interesante estudio del Departamento de Investigaciones Industriales del Banco de México, en el que se plantea la necesidad de personal técnico de diferentes niveles y se analiza el personal ocupado hasta ese momento, teniéndose este esquema:

#### NECESIDADES DE PERSONAL TÉCNICO

	<i>Empleados hasta 1957</i>	<i>Necesidad adicional para 1960</i>
Profesionales	4 843	2 646
Subprofesionales	831	3 784
Prácticos	6 574	
Total	12 248	6 430

Estos datos se referían al 15% de las industrias de transformación que ocupaban técnicos; el restante 85% no los ocupaba.

Según el mismo Departamento del Banco de México, las especialidades que acusaban escasez de técnicos por orden de importancia eran:

#### *Profesionales*

1. Investigación y planeación
2. Diseño de productos y procesos

3. Normalización y control de calidad
4. Mantenimiento
5. Producción
6. Contabilidad de costos

### *Subprofesionales*

1. Manejo de equipo y procesos de producción
2. Mantenimiento
3. Diseño y planeación
4. Contabilidad de costos
5. Ayudantes de laboratorio
6. Dibujantes

También se informaba de las principales deficiencias en la preparación de técnicos (en orden de importancia).

### *Profesionales*

En manejo de máquinas  
Métodos de producción y costos  
Preparación de proyectos  
Capacidad para dirigir  
Capacidad para tomar decisiones personales  
Capacidad para trabajar en grupo

Más recientemente, y sólo como contraste a esta información, el Fondo de Garantía y Fomento a la Industria Mediana y Pequeña (Fogain), fideicomiso del gobierno federal administrado por Nacional Financiera, en su estudio sobre "Principales características y problemas de la industria pequeña y mediana en México" realizado en 1980 señala entre los cuatro principales problemas de las empresas el relativo a la disponibilidad de mano de obra debidamente calificada.

La década de los sesenta es un periodo de consolidación de la infraestructura industrial y de servicios. En ese momento ya cuenta el país con 37.07 millones de habitantes, de los cuales el 19.0% se dedica a la industria, y se contribuye con dicha actividad con el 36.1% del producto interno bruto.

El sector de la construcción se perfila como uno de los más dinámicos de la actividad económica.

Ya se va configurando la ciudad de México y su zona conurbada como una de las más grandes concentraciones urbanas del país.

La educación tecnológica, entre tanto, va siguiendo a la par el desarrollo industrial del país; lo manifiestan los hitos de esa década: se crea en 1961 el Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN, con la finalidad primordial de formar los cuadros de alto nivel que la educación tecnológica requiere para la docencia, investigación y desarrollo tecnológico.

En 1963 se establece el Consejo Nacional de Fomento de Recursos Humanos para la Industria, que funciona como órgano de consulta hasta 1978 y cuya función era detectar, a nivel regional y nacional, las necesidades de capacitación en las diversas ramas de la industria y los servicios.

En la década de los setenta México ya es un país en plena expansión económica, enmarcada en una política de fuerte proteccionismo. Cuenta ya con una población de 51.18 millones de habitantes, de los cuales el 23.1 % se dedicaban a la industria y se contribuía con el 34.3% del producto interno bruto. La inversión para dicho sector es del orden del 28% de la inversión total a nivel nacional.

A mediados de esta década, la inversión del Estado asciende a unos 41 800 millones de pesos (a precios constantes de 1960). Entre tanto, la inversión privada alcanza una participación de alrededor del 50% de la inversión bruta fija.

Continúa la concentración industrial y, según el Censo Industrial de 1970, el 68% de la industria de transformación se encuentra en las tres principales ciudades del país (México, Guadalajara y Monterrey).

Es también el fin de la política de sustitución de importaciones.

Se da un gran impulso a la educación tecnológica; el número de planteles, que al inicio de la década es de 289, al final de ella llegan a 1 295 (incluidas las secundarias técnicas). Se crea el Consejo del Sistema Nacional de Educación Técnica (actual Consejo del Sistema Nacional de Educación Tecnológica-Cosnet).

Se promueve el Plan Escuela-Empresa en un intento por mejorar la vinculación entre el sector educativo y el sector productivo. Se crea la Dirección General de Educación Secundaria Técnica, y ya al final de la década se crea también el Colegio Nacional de Educación Profesional Técnica (Conalep) que promueve un nuevo modelo de educación media superior terminal.

Al final de la década también la economía nacional entra en una situación de crisis, reflejo de la inestabilidad económica mundial, con un breve periodo de respiro, producto del auge petrolero —que al final sólo contribuye con un mayor endeudamiento del sector paraestatal que sirvió para

financiar la impresionante infraestructura industrial relacionada con la explotación petrolera.

En el inicio de la década de los ochenta México ya es un país de 69.39 millones de habitantes, con una población de 11.9 millones de personas dedicadas al sector secundario de la economía.

Continúa el agravamiento de la crisis económica nacional, que se refleja en tasas de inflación elevadas. Disminuye, en consecuencia, el ahorro interno y se intensifica la fuga de capitales.

La inversión pública en educación es del orden del 3.1% del total de la inversión pública, inferior a la que se tuvo en comunicaciones (incluido Telmex), que fue de 4.0%. Esta inversión creció ligeramente y a mediados de la década alcanzó el 3.6% (contra 4.3% exclusivamente para Telmex).

La educación tecnológica entra en una etapa de estancamiento, provocada principalmente por el alto costo del equipamiento de talleres y laboratorios, tan necesarios en dicho servicio educativo. A pesar de ello, un servicio como Conalep logra despegar, y al inicio de la década ya cuenta con 165 planteles y atiende a 83 000 alumnos.

La información estadística (1988-1989) del servicio de educación tecnológica muestra los siguientes resultados: se atiende a 179 840 alumnos en capacitación formal para el trabajo; 593 407 alumnos en educación media superior (224 220 en terminal); 167 485 alumnos en licenciatura y 4 403 en posgrado, y se cuenta con un total de 1 223 planteles (sin incluir las secundarias técnicas).

Un intermedio piadoso antes de concluir este apartado, al que llamaré "La hipoteca del porvenir" o bien "El deterioro del medio ambiente".

Y todo este crecimiento y desarrollo económico ¿a que ha conducido en cuanto a calidad de vida, que es el objetivo del desarrollo económico de un pueblo?

La ciudad-estado de México se ha convertido, por inercia urbanística desde la época prehispánica, en una gigantesca megalópolis de 8.2 millones de habitantes, que asentados en una extensión de 147 900 hectáreas concentra esfuerzos, virtudes, vicios y calamidades.

Se asienta sobre una antigua y bella zona lacustre que desde la época precolombina ha sido sistemáticamente transformada y de la que en la actualidad quedan remedos de lagos (ya no lo son por su extensión) en Texcoco, Xochimilco, Chapultepec y Chalco. Consume y malgasta 3.2 millones m<sup>3</sup>/día de agua, traída cada vez desde más lejanas fuentes de abastecimiento, y genera 11 000 ton/día de basura.

La antigua "Ciudad de los palacios" o "Región más transparente del

aire” actualmente es una concentración a la que aquejan fuertes problemas: uno es la contaminación ambiental, producto entre otras circunstancias de un parque vehicular de 2.5 millones de automóviles; un deficiente sistema de transporte colectivo y serias deficiencias en cuanto a seguridad; pero que, como poderoso imán, continúa atrayendo al compatriota de provincia en busca de mejores oportunidades de vida.

La extinción del lago de Chapala provocada por la evotranspiración de la flora que en forma de plaga de lirio acuático ha prosperado en sus aguas, la sobreexplotación de los mantos acuíferos que lo alimentan y la tala inmoderada de los bosques que lo circundan podría dar lugar a que, a mediano plazo, este importante espejo lacustre se extinga, lo que provocaría un dramático impacto en la economía de la región.

Lo que ocurre con el lago de Chapala puede también ocurrir con el río Coatzacoalcos, en el que los desechos industriales de la zona han acabado prácticamente con la fauna.

La desaparición por sobreexplotación de extensas zonas boscosas en los estados de Durango y Chihuahua son otra muestra del costo ecológico del desarrollo industrial.

La extinción de prácticamente el 80% de la selva tropical en la región de los Tuxtlas en el estado de Veracruz es otra manifestación de esta cadena de deterioro del medio ambiente llevada adelante en aras del desarrollo económico. Pero dicho desarrollo debería llevar consigo un aumento en la calidad de vida y ello, reiteramos, parece que no se ha logrado.

#### CORRELACIÓN ENTRE EDUCACIÓN Y DESARROLLO ECONÓMICO

Ha habido una corriente económica que ha planteado la correlación positiva que existe entre desarrollo económico y educación.

Esta corriente parte de estudios realizados en Estados Unidos, donde se han analizado los diferentes factores que contribuyen al desarrollo económico y se observa que todos éstos no explican suficientemente el fenómeno que se presenta en dicho país, y a falta de una mejor explicación se ha supuesto que ello se debe a la educación.

Un estudioso del desarrollo económico como lo fue Celso Furtado interpreta, a nivel hipotético, que: “el punto de origen del subdesarrollo son los aumentos de productividad del trabajo, engendrados por la simple reubicación de recursos con el fin de obtener mayores ventajas comparativas estáticas en el comercio internacional”; más adelante, en esta misma línea de pensamiento, señala que el progreso técnico y la correspondiente

aceleración en el proceso de acumulación permiten que crezca la productividad del trabajo como fruto de la especialización geográfica.

Sin embargo, no defiende la hipótesis de que el progreso técnico es el directamente responsable del desarrollo económico, sino que pueden presentarse otros factores que de manera más determinante condicionan dicho desarrollo. No obstante, queda un trasfondo de verdad en la hipótesis de que el desarrollo económico depende de la educación.

De igual manera, se asume que el desarrollo económico lleva consigo el desarrollo industrial, aunque no necesariamente el desarrollo económico se conseguirá por la vía del desarrollo industrial, y el mismo Celso Furtado, en un breve ensayo denominado "El desarrollo económico: un mito", deja planteada la inquietante cuestión de que gracias a este mito la ciencia económica ha desviado su atención de sus tareas básicas hacia otras cuestiones, como son las inversiones, las exportaciones y el crecimiento.

En este punto quedaría por ver en un modelo sistémico cómo interacciona el subsistema de educación-ciencia-tecnología en el subsistema económico en su conjunto, y a partir de dicho análisis definir mejor estas interacciones que se suponen favorables al desarrollo industrial.

#### PERSPECTIVAS DEL SERVICIO EDUCATIVO

Vuelvo a insistir en que el análisis relativo a la formación de recursos humanos y su influencia en la tercera revolución industrial en México lo he realizado en la óptica del ámbito de la educación tecnológica; sin embargo, y a la luz de estudios realizados sobre economía en la educación, parece ser que es más sensible el desarrollo económico a las inversiones que se realizan en educación básica que aquellas que se realizan en otros niveles educativos; por lo menos, parece ser más rentable la educación básica.

A pesar de las frecuentes impugnaciones que se realizan a la formación de recursos humanos en los diferentes niveles, sobre todo en lo relativo a su falta de relevancia para atender las necesidades del sector productivo y de servicios, parece ser que el proceso de industrialización a nivel nacional no hubiera podido sostenerse de no contar con el personal calificado para ocupar los diferentes puestos de trabajo en sus distintas calificaciones.

Parece ser también que, aunque ineficiente (criterio economicista), se ha ido atendiendo con diferentes grados de eficacia (criterio pedagógico) la formación de recursos humanos.

Queda una inquietud que también me gustaría compartir con ustedes:

parece ser que en un sistema económico las decisiones se orientan preferentemente sobre la base de criterios de eficiencia; sin embargo, hay cuestiones trascendentes, para las que, en una óptica economicista, según criterios actuales, no son relevantes y se soslayan o difieren. Es el caso, que a grandes pinceladas he mostrado, del deterioro del medio ambiente, que también es parte de la calidad de vida a la que aspira la sociedad como producto del desarrollo económico. Dichas cuestiones no tendrán, transitoriamente, una atención para su adecuado manejo, y los recursos humanos y materiales destinados a su mejoramiento no se prevén; cuando ya se tiene el problema encima, entonces sí se busca, atropelladamente, alguna solución.

Quise referirme a este punto en particular, como pude haberlo hecho a cuestiones relativas a la producción alimentaria, agrícola o pecuaria, o bien al área de la salud, en las que no debe dejarse de considerar una adecuada previsión para hacer frente a necesidades futuras.

Quisiera plantear el problema que se presentaría en el caso de plagas que afectaran masivamente cultivos significativos para la población de México y que amenazaran con acabar con las cosechas y dejar durante algún tiempo inutilizadas las regiones para su aprovechamiento en dichos cultivos. ¿Quién debe abocarse a preparar dichos recursos humanos y hacerlos que maduren en el conocimiento de situaciones reales que se presentan en el medio agrícola o pecuario?

Tengo la impresión de que los criterios puramente economicistas no trabajan en forma congruente con una variable muy importante que es el tiempo, y a veces se supone que en forma instantánea pueden obtenerse una serie de insumos para los que indudablemente debe preverse un cierto tiempo, tanto para su gestación como para su maduración.

El eficientismo como único criterio para la evaluación del servicio educativo tiene serias limitaciones y debe ser considerado a la luz de otros criterios.

Hechas algunas salvedades, quisiera hacer ciertas especulaciones sobre el futuro de la educación tecnológica en nuestro país.

Hay, en primer lugar, que romper con una pauta muy propia de países como el nuestro, en los que la educación para el "saber hacer" carece de prestigio social.

Todavía es fuerte el lastre que retiene el despegue de la educación tecnológica motivado por pautas sociales que desdeñan la ciencia y la tecnología y le dan preeminencia a las profesiones liberales o a las humanidades.

También hay que darle prestigio social a la formación profesional tan-



to de capacitación formal para el trabajo como de educación media superior terminal.

Si bien el nivel educativo al que llega un individuo está determinado por el estrato socioeconómico en el cual se desenvuelve, también hay una inducción producida por ciertos símbolos de estatus social que el medio va acreditando. Si se pudiera revertir el desapego que cierto estrato socioeconómico siente hacia el trabajo manual y que haya atracción hacia las carreras técnicas, se tendría individuos mejor orientados hacia dichas áreas, con posibilidades de mejor desempeño por su origen socioeconómico.

Si no se atiende la formación de recursos humanos en el área tecnológica para aquellas especialidades que requieren inversiones importantes en maquinaria y equipo para talleres y laboratorios, o no se resuelve en forma efectiva la posibilidad de utilización de las instalaciones de las empresas para llevar adelante dicha formación, en el futuro no podrá contarse con los cuadros que puedan atender las necesidades tecnológicas de la industria y de los servicios y que en periodos cortos se incorporen a ellos con buenas posibilidades de rendir beneficios.

El financiamiento de la educación tecnológica se irá haciendo cada vez más difícil de sostener exclusivamente por los gobiernos (federal, estatal o municipal) y se irá requiriendo cada vez más de la participación del sector productivo de bienes y servicios. La búsqueda de vías que permitan este financiamiento, que lo agilicen y flexibilicen será un interesante objetivo a alcanzar en el futuro.

Se deberá promover una especialización regional o por centros educativos en los que, atendiendo las facilidades de la región o de los planteles, se pueda desarrollar en forma más exclusiva la formación de recursos para los sectores estratégicos de la vida nacional, que no sólo respondan al requerimiento inmediato sino que también se vislumbren las necesidades a largo plazo.

La formación de investigadores en el área tecnológica requiere de un esfuerzo singular, ya que la mayor parte de los cuadros de que se dispone por el momento están dedicados a la docencia e investigación dentro de las instituciones educativas, pero pocos de ellos se encuentran en la industria o en los servicios.

Si continúa la "fuga interna de cerebros" de las áreas tecnológicas a las áreas administrativas de las empresas, se ahondará la disponibilidad de recursos humanos para investigación tecnológica dentro de ellas, y conviene recordar que los cuadros dedicados a la investigación y al desarrollo tecnológico se tienen que ir preparando con anticipación para dar lugar a su adecuada maduración.

Hay que ir trabajando firmemente para delinear el futuro, muchas decisiones deben tomarse con oportunidad, lo que ahora se puede hacer y no se realice pudiera ser fatal para enfrentar el porvenir. El análisis cuidadoso, con rigor y dejando de lado nuestras fantasías, deseos o temores puede ser un sano ejercicio que permita a los que toman las decisiones replantearse diferentes aspectos de este problema de la formación de recursos humanos que es de vital importancia.

## EL CAMBIO TECNOLÓGICO Y LA APERTURA COMERCIAL: GATT y TLC

**Arturo Bonilla**

En 1947 se creó el GATT bajo los auspicios de las Naciones Unidas. Con la fundación de este organismo se coronaba la triada de grandes instituciones internacionales: GATT, FMI y BIRF (hoy Banco Mundial), que bajo la influencia de Estados Unidos contribuiría a reconstruir, estabilizar y fomentar un conjunto de medidas en la búsqueda de un mundo mejor y con relaciones económicas más justas a fin de evitar —se decía— la repetición de conflictos como el que había azotado a buena parte de la humanidad: la segunda guerra mundial. El GATT trataría de impulsar buenas relaciones de comercio internacional con la bandera de libre comercio y con un rotundo no a las barreras proteccionistas (arancelarias o no) que impidieron la libertad del comercio internacional. Desde la fundación del GATT hasta nuestros días, el comercio internacional se ha caracterizado por ser dinámico, a mayores ritmos que los aumentos de los PIB de cada país, pero se ha ido concentrando en mayor medida entre los más poderosos países exportadores del mundo, principalmente Estados Unidos, Japón y Alemania. A mayor velocidad que el conjunto del comercio internacional ha crecido el comercio intrafirma de las grandes empresas transnacionales. Es decir, el comercio internacional ha crecido mucho, pero también se ha acelerado su monopolización. Asimismo, muchos países, encabezados por Japón, siguieron siendo proteccionistas o bien aumentaron sus barreras protectoras como Estados Unidos. Todo esto desmiente la tesis de que el comercio internacional es libre, pues por el contrario se hace cada vez más proteccionista.

En 1947 México tomó la decisión de no incorporarse al GATT y no fue hasta 39 años después, en 1986, cuando el gobierno de México tomó la decisión de incorporarse a él.

Quienes nos opusimos a que México se incorporara al GATT en 1986 lo hacíamos en razón de varias consideraciones, de las cuales destacamos la que nos parece la principal:

La planta productiva nacional, salvo excepciones, no tiene el nivel de tecnología requerido para salir airoso de una competencia tan desfavorable, lo cual repercutiría en cierres de empresas que significarían la cancelación

de fuentes de ganancias y el cese de sus puestos de trabajo para cientos de miles de trabajadores.

Sólo han transcurrido cinco años desde la incorporación y la hipótesis que manejábamos para oponernos a ella se ha ido corroborando en alguna medida, para infortunio de nuestro país.

- En el curso de estos cinco años México ha sido invadido por una vasta cantidad de mercaderías provenientes de Estados Unidos, Japón, los países de la CEE, Taiwan, Hong Kong y China. Esas mercaderías se encuentran ya sea en tiendas de lujo, en grandes almacenes comerciales, o en el creciente comercio ambulante que pulula por distintas zonas de las ciudades del país.

- Por el contrario, México escasamente ha podido penetrar con sus productos en los más dinámicos e importantes mercados de los países que sí han logrado introducir sus mercancías a este país.<sup>1</sup> Si bien es cierto que las exportaciones mexicanas no petroleras han aumentado, sólo lo ha logrado un sector muy reducido de empresas de alto nivel tecnológico o con gran capacidad de introducir rápidos cambios en la tecnología que, a saber, son: subsidiarias de empresas trasnacionales ubicadas en México, sobre todo las empresas automotrices Ford, General Motors, Chrysler, Volkswagen y Nissan; así como de firmas mexicanas propiedad de fuertes grupos financieros, exportadores de productos químicos, aparatos eléctricos y vidrio.

- La desventajosa competencia para la planta productiva del país se ha presentado con fuerza y ya hay ramas que han sentido sus efectos, como las siguientes: industria textil, industria del cuero y del calzado, ensambladoras de aparatos electrónicos, así como productos de madera y artículos de plástico. En estas ramas los efectos destructivos han sido profundos, pero prácticamente no hay rama industrial que no haya sido afectada. En la agroindustria se sienten los efectos negativos en las plantas avícolas de producción de huevo y carne de pollo, en la porcicultura, en las plantas pasteurizadoras de leche —México se han transformado en el principal país importador de leche en el mundo.

Cuando México entró al GATT tenía ya una planta industrial fuertemente afectada por la crisis, y las autoridades gubernamentales planteaban que con el GATT el país tendría la posibilidad de una rápida recuperación

<sup>1</sup> Entre enero de 1989 y mayo de 1991 las exportaciones manufactureras mensuales han frizado entre 919 millones de dólares y un máximo de 1 422 millones de dólares alcanzado en octubre de 1990. En mayo de 1991 fueron de 1 384 millones de dólares. Véase el Boletín del INEGI. *Avance de Información Económica*, Colección Avances, Balanza Comercial, cuadro 4, agosto de 1991.

industrial al tener acceso a otros mercados del mundo. En efecto, de acuerdo con la información proporcionada por el Banco de México, la producción manufacturera del país había alcanzado un 20% hasta el primer trimestre de 1991, de lo producido en 1980.<sup>2</sup> De ninguna manera se puede afirmar que dicha recuperación modesta sienta las bases para que la industria del país esté en condiciones de competir y penetrar en el mercado de Estados Unidos con la posible firma del Tratado de Libre Comercio (TLC).

De los estragos de la crisis que desde 1982 padece el país o los provocados por la incorporación de México al GATT, ahora se plantea la posibilidad de que el país pase del Tercer Mundo al Primer Mundo mediante la firma del Tratado Trilateral de Libre Comercio entre Estados Unidos, Canadá y México. Los gobernantes aspiran ahora a que el destino del país quede en la incorporación de México al mencionado tratado.

#### CIENCIA Y TECNOLOGÍA: ALGUNAS COMPARACIONES LAMENTABLES

En este modesto trabajo no vamos a discutir con la amplitud y el detalle que se requeriría para ver los pros y contras de la incorporación de México al TLC.<sup>3</sup> Lo que sí trataremos de enmarcar es la poca capacidad científica y tecnológica que tiene México para poder competir con dos países avanzados, sobre todo con Estados Unidos, que descuella como la primera potencia del mundo.

En la guerra económica mundial en la que el mundo de Europa se encuentra metido y a la que ahora se incorporan los países de Europa Oriental, la ex Unión Soviética y aun los países que conservan una estructura socialista, en la que todos procuran exportar lo más posible a otros países

<sup>2</sup> Véase *Indicadores Económicos del Banco de México*, cuadro II-1, octubre de 1991.

<sup>3</sup> A manera de ilustración señalaremos que el PIB de México casi llega al 4% del de Estados Unidos; que el PIB de Canadá es 100% mayor que el de México; que en tanto que el comercio de Estados Unidos con México sólo representa el 4% del total exportado por esa potencia, para México el comercio con dicho país significa el 75%; que el sistema bancario mexicano en su conjunto capta unos 90 000 millones de dólares. Un solo banco de los 25 más grandes del mundo capta de 2 a 5 veces el monto total de la banca mexicana.

Para una amplia discusión sobre el tema véase algunos trabajos del Instituto de Investigaciones Económicas en la revista *Problemas del Desarrollo*, núms. 86 y 87, y el libro colectivo intitulado *La integración comercial de México a Estados Unidos y Canadá*. En cuanto a aportaciones del autor de estas líneas véase los ensayos: "El TLC y la Guerra Económica Mundial" y "Hacia el genocidio económico y el ecocidio", en la Memoria del XI Seminario de Economía Agrícola, así como el artículo "El TLC. Algunas desventajas estructurales de México", en *Problemas del Desarrollo*, núm. 88.

del mundo, desempeña un papel de trascendental importancia la capacidad científica y tecnológica de un país, ya sea para ganar la guerra comercial o por lo menos para tratar de sobrevivir. Este último sería el caso de México.

A este respecto ya hemos señalado en otro trabajo titulado "La importancia actual del conocimiento científico", que Japón, país pobre en cuanto a su dotación de recursos naturales y pequeño en su extensión territorial ha logrado transformarse de una potencia militarmente derrotada y ocupada por las tropas de Estados Unidos en una verdadera potencia financiera y comercial, fuertemente competidora de la industria europea y estadounidense. Las bases de ese éxito son sin duda varias, pero la que más destacaríamos es el enorme apoyo que se le ha dado a la educación, a la investigación científica y sobre todo a la tecnológica.

Japón busca en forma intensiva su independencia energética. Ellos saben muy bien que dependen del petróleo. No nos debiera sorprender que en el próximo futuro Japón impresionara al mundo con sus avances en materia de sustitución del petróleo por otra fuente de energía, pues de acuerdo con el *Anuario Estadístico* de la Unesco, dicho país destina más que ningún otro recursos financieros para apoyar la investigación científica y el desarrollo tecnológico en esta rama estratégica.

Nosotros, desafortunadamente, no le damos suficiente importancia a este tipo de investigación y seguimos confiados en el petróleo como fuente de energía. Posteriormente —de seguir así las cosas— pagaremos caro, muy caro, nuestro descuido.

Si como bien han dicho varios autores y más precisamente el doctor Leonel Corona, se ha oído que hoy día la ciencia y la tecnología son palancas económicas o poderosos instrumentos de poder y de dominación, México no puede seguir descuidando todo lo relativo a la educación y a la investigación científica y tecnológica.

Las cifras que a continuación presentamos reflejan con impresionante crudeza las grandes desventajas que en materia científica y tecnológica tiene México con relación a Estados Unidos.

- En 1983 Estados Unidos destinaba 86 000 millones de dólares a investigación y desarrollo. Para 1984 México invertía sólo 553 millones de dólares.

- El presupuesto de Estados Unidos para fines de investigación y desarrollo aumentó de 86 000 millones de dólares en 1983 a 109 000 millones en 1991,<sup>4</sup> es decir, un incremento de 16 000 millones de dólares, lo que

<sup>4</sup> El dato fue estimado por el Industrial Research Institute y por la National Science Foundation.

significa un aumento en el financiamiento para investigación equivalente a casi 28 veces el total del presupuesto destinado por México para el mismo fin. Esto ocurrió en el curso de sólo siete años.

- En el trienio 1979-1981 el Conacyt otorgó un promedio de 4 100 becas anualmente, pero en el trienio 1987-1989 dicho promedio disminuyó a sólo 2 480.<sup>5</sup>

- En tanto que en Estados Unidos se titulan 31 000 doctores, en México lo hacen sólo 150 al año.<sup>6</sup>

- En Estados Unidos se estima que para 1985 había 728 600 investigadores, en México el número de científicos se calcula, según unos en 5 000 y según otros en 16 000 investigadores para ese mismo año. Las diferencias son abismales entre uno y otro país. Según la estimación más baja el número de científicos mexicanos es de menos del 1% y según la más alta sería de poco más del 2 por ciento.<sup>7</sup>

En Estados Unidos se calcula un déficit de 400 000 investigadores para el año 2006.<sup>8</sup> En México, pese a la instauración del Sistema Nacional de Investigadores desde 1983 y pese a la instauración de programas de estímulos establecidos en distintas instituciones de educación superior, los salarios de los investigadores mexicanos han venido decreciendo. Se estima que ha habido una contracción del 70% en el curso de los últimos nueve años. Los pocos investigadores que tiene el país se verán crecientemente interesados en buscar nuevas fuentes de empleo en Estados Unidos, primero porque allá los pueden necesitar, dado ese déficit de cerebros y, segundo, porque en México no hay suficientes estímulos a la investigación. Esto es, existen las condiciones y objetivos para que el drenaje de cerebros de México se acelere más con la firma del Tratado de Libre Comercio.

#### LIMITACIONES GENERALES PARA EL CAMBIO TECNOLÓGICO EN EL PAÍS

La posible incorporación de México al Tratado Trilateral de Libre Comercio traería para el país en general y en especial para el cambio tecnológico consecuencias de gran envergadura que ponen en riesgo su destino.<sup>9</sup>

<sup>5</sup> Datos tomados del Primer Informe de Gobierno de Carlos Salinas de Gortari.

<sup>6</sup> Datos tomados de la ponencia de Manuel Peimbert. "Investigación e identidad nacional", en *Cuadernos del Congreso Universitario*, núm. 16, 23 de enero de 1990.

<sup>7</sup> Según Manuel Peimbert la cifra de científicos mexicanos frisa entre los 4 000 y 8 000 investigadores. Véase la ponencia antes citada, p. 1.

<sup>8</sup> Según la revista *Science*, citado en la misma ponencia.

<sup>9</sup> Al escribir estas notas cabe la posibilidad de que el TLC no se firme, y no tanto porque el

Como hemos afirmado en otras ocasiones, un país que no innova su planta tecnológica —en México se estima que el 95% es obsoleto— está condenado a ser arrasado en la guerra económica mundial. A estas fechas ya México debería de tener el alerta roja respecto a esta cuestión.

Como también hemos dicho, sólo en la medida en que se le dé importancia estratégica a la educación mediante la masificación educativa, sobre todo en la enseñanza media superior y superior para abrir la formación profesional al mayor número posible de estudiantes, se estarán sentando condiciones que en el futuro pudieran detener y amortiguar un poco la invasión de productos que se elaboran en condiciones de más alta tecnología y que se producen a costos más bajos.

En rigor, eso ya ha venido ocurriendo desde que el gobierno de Miguel de la Madrid decidió incorporar a México al GATT en 1986.

Por otra parte, y de eso debemos estar muy conscientes, México, por razones históricas, trae acumulado un rezago de grandes proporciones en materia educativa, en especial en la formación de investigadores y ya no se diga de tecnólogos. Estos últimos desafortunadamente todavía son considerados, entre algunos científicos mexicanos, como expertos de segunda clase.

El enorme rezago que sufre el país en materia tecnológica no se puede superar de la noche a la mañana. La introducción de cambios de gran envergadura en la educación en general y en particular en la ciencia y la tecnología abarca procesos de larga duración y que sólo en 10 a 20 años pueden empezar a rendir frutos y a observarse su bondad.

Pero para infortunio de nosotros los mexicanos y como consecuencia de la crisis, de un lado, y del otro de la política fondomonetarista que siguen las autoridades gubernamentales, hemos visto a lo largo de los últimos diez años una disminución sustancial de los presupuestos de las universidades e instituciones de educación superior de carácter público. Lo lamentable es que al ser estas instituciones las víctimas de esa reducción presupuestaria, que ya se va haciendo crónica, no sólo se cancelan oportunidades de formación profesional a miles de estudiantes que quisieran ingresar a las mismas, sino que además la poca investigación que se hace en

---

gobierno de México ponga reparos para signarlo, sino porque la recesión en Estados Unidos se ha profundizado de tal modo que la popularidad del presidente George Bush ha disminuido hasta su punto más bajo en lo que va de su periodo. En síntesis se le acusa de atender más los problemas externos que los internos. El TLC, se considera como un asunto externo, y el incremento del desempleo y la disminución de pedidos para la industria de ese país hace aumentar los temores de los representantes del Partido Demócrata en el sentido de que el TLC puede facilitar la desocupación en Estados Unidos al venir inversiones de ese país a México.



el país corre a cargo precisamente de las universidades y el IPN, todos ellos de carácter público, pues es ampliamente conocido que en México las empresas particulares y las universidades privadas casi no destinan fondos para la investigación.

Hasta ahora en México muchas empresas han seguido el fácil expediente de importar equipos e instrumentos en vez de darle más importancia al desarrollo de nuestra propia inventiva y al aumento de nuestra capacidad de producción.

Por otro lado, y para ver con más claridad el triste panorama que nuestro país enfrenta en materia de educación superior como consecuencia de las políticas neoliberales que se han establecido en los círculos gubernamentales, se impulsa el aumento de las cuotas de matriculación de los estudiantes en forma muy fuerte. Se trata, dicen los partidarios de la elevación de cuotas de inscripción, de que los estudiantes paguen al menos una parte de su educación. Aquí se hace caso omiso de que la mayor parte del costo de la educación pública superior corre a cargo, o de los padres de familia, o bien de los propios estudiantes que trabajan para poderse sostener. Los costos de vivienda, transporte, alimentación y vestido, así como el de los libros, revistas, fotocopias y otros útiles escolares, son cubiertos por las propias familias de los estudiantes.

La elevación del costo de las colegiaturas no tendría mayor importancia si los ingresos de los padres de los estudiantes estuvieran al alza, pero lo que está ocurriendo en el país es precisamente lo contrario; se elevan las cuotas en una fase en que las capas medias y sectores de menores ingresos, que son las que todavía pueden enviar a sus hijos a las universidades, han sido castigados fuertemente en sus salarios durante los últimos diez años.

De lograr triunfar las tesis de elevar las colegiaturas, un menor número de estudiantes tendrán acceso a la educación superior. Desafortunadamente la idea de que los padres de los estudiantes paguen más va avanzando en nuestro medio, no obstante que se ha dicho *ad nauseam* que no hay mejor inversión que la que se hace en ampliar y mejorar la educación en general y en particular la educación superior.

De este modo, el país pierde posibilidad de poder defenderse de la tremenda competencia internacional, sobre todo estadounidense, que ahora se lleva a cabo en nuestro propio territorio y que todavía cogerá más fuerzas si se llega a firmar el Tratado de Libre Comercio.

Para los países altamente desarrollados la discusión de si se debe o no masificar la educación superior es una cuestión del pasado, pues aun cuando imponen restricciones muy fuertes a los aspirantes a carreras universitarias, lo cierto es que hay un vasto número de instituciones de educación

superior y un amplísimo espectro de profesiones y posibles especializaciones. En esos países son millones de jóvenes los que estudian. Estudiar en universidades es ya parte del *modus vivendi* de muchos jóvenes de esos países. Bien se comprende que disminuir los presupuestos a las universidades es restarse capacidad de competencia y arriesgarse a no estar en la punta de la ventaja tecnológica que es lo que les da ganancias fuertes, pero que para nosotros significa mayor subordinación y dependencia.

#### PERSPECTIVAS

Como ocurre en el cuento infantil *Alicia en el país de las maravillas*, para poder mantenernos en el lugar en que estamos necesitamos correr más aprisa; si como pueblo deseamos pasar a niveles superiores se tendría que ir todavía más aprisa, por una sencilla razón: países avanzados corren más. En materia educativa, sobre todo en la enseñanza superior y en la formación de investigadores y tecnólogos, se tendría que revertir la actual política educativa y científica. Se requiere de inversiones masivas, aumentar la matrícula en la enseñanza superior, elevar salarios a la planta docente y de investigación, vincular más a las instituciones de enseñanza superior a los fines de la producción, canalizar la investigación y la tecnología hacia la lucha contra la contaminación de suelos, ríos, lagos, océanos y el aire que nos rodea, avanzar en la sustitución de importaciones, explorar hasta dónde es posible lanzar a nuestros investigadores hacia donde la tercera revolución científico-técnica está apuntando. No es mucho lo que en este último aspecto se puede hacer, pero lo peor es quedarnos con los brazos cruzados.

A lo largo de las últimas décadas se ha hecho mucho en materia educativa, incluso en la formación de investigadores, cuyo crecimiento en la década pasada fue a un ritmo muy fuerte, 8% anual; pero hay que tomar en cuenta que veníamos de muy atrás, que con la crisis actual se perdió el paso y ahora el aumento en el número de investigadores es sumamente raquítico y se ha acentuado la fuga de cerebros debido a los bajos salarios y a la precariedad de las condiciones para realizar investigación.

De no lograrse los cambios arriba mencionados, y otros muchos que se requerirán, seguiremos teniendo cambios tecnológicos supeditados a los que se logren en Japón, Estados Unidos y la Comunidad Económica Europea. La adaptación de tecnología proveniente de otros países más adelantados que el nuestro es en sí misma una ardua tarea por otra sencilla razón: la velocidad de los cambios tecnológicos es cada vez mayor, pues como lo expresa el doctor Salvador Arias, hoy día "tiene un papel de gran relevancia

el cambio tecnológico pero en el futuro todavía tendrá mayor importancia, incluso será todavía más relevante que la disposición de recursos naturales".<sup>10</sup>

Nosotros no quisiéramos que ocurriera una creciente y feroz competencia en el mundo que nos rodea, en la que compiten países y empresas con las más grandes diferencias en desarrollo tecnológico. Ello hace que en esta carrera loca se enfrenten unos contra otros, con una total desventaja para los menos capacitados, que para desgracia de la humanidad abarca al 80% de los seres que la componen.

Nosotros quisiéramos un conjunto de relaciones económicas internacionales en donde el más desfavorecido fuera a quien más se le ayudara, pero desafortunadamente México y el resto de los países no marchan por donde la lógica más elemental de la sobrevivencia humana aconseja.

<sup>10</sup> Véase, "Políticas de desarrollo de la biotecnología", ponencia presentada en el Simposio Nacional sobre Efectos Socioeconómicos de la Biotecnología, Ciudad Universitaria, 25-27 de noviembre de 1991.

# REPERCUSIONES DE LA POLÍTICA CIENTÍFICO-TECNOLÓGICA EN EL ÁREA DE LA SALUD

**Julio Cacho Salazar**

## INTRODUCCIÓN

A través del tiempo y en especial actualmente, en forma universal, el hombre asume y ordena sistemáticamente todas las opiniones y verdades parciales que se han dicho acerca de sí mismo, de las cosas y de su ambiente. Desde que el hombre comenzó a pensar en sí estableció una idea mítica o racional de la relación entre su futuro, su presente y su pasado y ésta ha sido una constante de todas las culturas. Ahora, el hombre por sus capacidades y relaciones produce y vive los cambios en forma más rápida, profunda y con ámbitos cada vez más amplios.

Así, por ejemplo, observamos que en el último siglo la revolución científico-técnica alcanza profundas consecuencias sociales y económicas, individuales y colectivas, en especial cuando sus resultados no generan la redistribución de la riqueza.

La primera gran fuerza producto de la sociedad natural fue la misma comunidad, con la división del trabajo y la cooperación elemental. En la manufactura, la fuerza de trabajo del hombre ocupa el lugar central entre las fuerzas productivas; pronto, con la industrialización la productividad de las máquinas empezó a desplazarla progresivamente, reduciendo el trabajo del hombre a un papel "subalterno" entre los factores de la producción a medida que se han integrado en el proceso el dominio de las ciencias y las técnicas.

Después de la gran crisis económica y de la segunda guerra mundial durante la quinta y sexta décadas del siglo XX, aparece la competencia económico-militar entre los dos principales sistemas y se reproduce el gran cambio en la modernización; se ponen en circulación los conocimientos científicos y tecnológicos de inventos y patentes, y estas innovaciones en forma irregular y dependiente se extienden a la generalidad de los países.

Los países desarrollados incrementan este proceso a partir de su capacidad de investigación, con una amplia reserva de conocimientos científicos capaces de generar las respuestas técnicas de organización, producción y comercialización: generando un flujo continuo de innovaciones, descan-

sando su proceso evolutivo en la adaptación del aparato de producción con las nuevas tecnologías, con la consecuente renovación de su planta industrial y modificando el comercio internacional.

La referencia histórica permite establecer una correlación entre la organización de la economía mundial y sus repercusiones en las naciones que de manera marginal participan de esta expansión propia de los países desarrollados. La orientación de modernización citada anteriormente deja en nuestro país su influencia; nuestro crecimiento pasa por ella con todas las características de una débil instrumentación; con todo ello, México crece y se expande, dejando instituciones, organismos y experiencias de todo tipo en el ámbito del desarrollo económico, científico y social.

Sin embargo, aún existen grandes grupos de marginados, hombres que a pesar del avance de la modernidad aún no logran un mínimo de bienestar. A estos grupos, la modernidad, lejos de acercarlos al bienestar, les ha incrementado o modificado sus problemas, necesidades y limitaciones en algunas áreas como las de salud, alimentación, educación y empleo.

El bienestar es una aspiración esencial del ser humano, un propósito constante en el que el hombre ha buscado con afán el mejoramiento de su forma de vida. También es cierto que tales aspiraciones son diferentes en cada grupo social, ya que dependen de los hábitos culturales que están siempre relacionados con el desarrollo de un país.

Todo intento de modernización de la sociedad tiende a generar una brecha en la cual la ampliación de sus potencialidades en crecimiento se pone en peligro si no satisface las necesidades y prioridades de la población.

No es un secreto para nadie el hecho de que los avances de la industrialización y crecimiento urbano en muchos casos han degradado las condiciones generales de ecología, con la contaminación del aire, la tierra y el agua, llegando incluso a la devastación del ambiente. El régimen de vida se ha ido modificando, hay una prisa constante que ocasiona que se esté perdiendo paulatinamente la posibilidad de un desarrollo armonizado y ha quedado, en nuestras ciudades, una degradación ecológica. Señales de alarma indican que sin una regulación científica basada en la estructura de los intereses del bienestar común y de los recursos propios las consecuencias de esta industrialización se volcará irremisiblemente contra la salud del hombre, hasta el punto de actuar como un factor limitativo del desarrollo social.

La salud y la educación contribuyen al desarrollo social y económico de la misma manera que dicho desarrollo favorece la salud y la educación; éstas constituyen uno de los componentes básicos del bienestar de la población, por lo que deberán ser, a su vez, uno de los elementos esenciales para

definir y evaluar el desarrollo social en su propósito de alcanzar mejor calidad de vida a nivel individual y colectivo. Salud-educación y desarrollo se nutren recíprocamente para alcanzar la equidad y la justicia social.

En la actualidad la población mexicana se caracteriza por ser predominantemente joven, con alto índice de natalidad, que ha incrementado paulatinamente su esperanza de vida y consecuentemente la población mayor de 60 años; existe una amplia dispersión en el área rural y tendencias a la hiperconcentración en las ciudades, planteando serios problemas a la infraestructura de servicios de educación y salud.

En ella persisten la pobreza, desnutrición, bajo nivel de escolaridad, malos hábitos de higiene, vive en medios insalubres y es afectada fundamentalmente por enfermedades infecciosas y parasitarias; por otro lado, se incrementan las muertes por accidentes, envenenamientos y hechos violentos, se advierte ya el incremento de problemas de conducta, enfermedades metabólicas, neoplásicas y degenerativas; los índices crecientes reflejan modificaciones propias del "proceso" que caracteriza a los países avanzados y cuyos determinantes inciden en el comportamiento de las variables en la salud y educación de la población mexicana; sus índices de morbi mortalidad se dan en razón de las características de desarrollo de los estados de la Federación y la dispersión o concentración de la población, la riqueza y la tecnología en ellos.

Muchos acontecimientos y variables han influido en las transformaciones de la sociedad, pero sin duda la enseñanza y la investigación han sido factores fundamentales para llevarlas a cabo, esta última por ser la fuente que genera, enriquece y modifica el conocimiento, propiciando así que la sociedad tome decisiones sobre bases más objetivas.

Se ha dicho que la modernización de la educación no sólo implica la revisión de los métodos de enseñanza-aprendizaje, sino también el análisis de los recursos pedagógicos pertinentes a cada nivel educativo, su adaptación a las diferencias culturales de cada región del país, la reflexión sobre los contenidos de la educación, la participación de la sociedad y la revisión misma del sistema educativo. Ello es necesario si realmente se desea lograr la igualdad de oportunidades en la educación, así como abatir las disparidades regionales y mejorar los sistemas de evaluación.

Por su parte, la investigación científica y tecnológica ocupa el centro mismo de las transformaciones sociales y económicas, ya que a través de ella se obtienen estrategias para solucionar problemas y abatir los costos.

Se acepta tácitamente que la ciencia y la tecnología son las rutas más convenientes para enfrentar los retos del desarrollo económico y social de una nación, así como para lograr el mayor bienestar de sus integrantes. De

ahí que la obtención del conocimiento sea una aspiración de toda sociedad y sea la resultante de toda una acción cultural.

Sobre estas bases, a continuación presentamos algunos planteamientos sobre la enseñanza y la investigación en el área de la salud, consecuencia de las políticas científico-tecnológicas de educación y de salud.

#### LAS POLÍTICAS EN LA FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS Y SUS PRINCIPALES PROBLEMAS

La evolución que en México ha tenido la formación de recursos humanos para la salud ha estado ligada al proceso de desarrollo social y económico, a la evolución de la ciencia médica, los modelos de atención a la salud prevalentes y los cambios científicos y tecnológicos.

La ciencia médica se convulsionaba con los descubrimientos del microscopio, de los microorganismos transmisores de las enfermedades, el advenimiento de nuevos fármacos y los relevantes avances en campos específicos del conocimiento y la ingeniería biomédica. Así, en lo que toca al modelo de servicios de salud se caracterizaba por ser biológico, asistencial, curativo y estaba centrado casi exclusivamente en el quehacer del médico, por lo que podríamos catalogarlo de etnocentrista.

La educación médica en nuestro país ha sido tradicionalmente una tarea compartida entre las instituciones educativas y las del sector salud y con el transcurso del tiempo se han definido claramente dos etapas:

La primera de ellas se vincula con la fundación de la actual Facultad de Medicina de la Universidad Nacional Autónoma de México y se caracterizó por el apoyo que le brindaron las distintas instituciones que prestaban servicios de salud en esa época y los programas educativos en el campo clínico, orientados a la obtención de la licenciatura en medicina.

Esta misma situación se presentó en los estados que hacia principios de siglo contaban con instituciones educativas que tenían escuelas o facultades de medicina.

Aun dentro de esta primera etapa se ubican los albores de la educación médica de posgrado, con la creación del Hospital Juárez y el Hospital General de México, unidades médico-quirúrgicas que dieron origen a numerosas especialidades, siendo el tipo de enseñanza que se proporcionaba fundamentalmente preceptorial.

Puede decirse que la segunda etapa se inicia en 1942, en el mismo Hospital General, con la instalación de las residencias médicas, sistema que fue adoptado posteriormente por otras unidades asistenciales de la pro-

pia Secretaría de Salud y por las instituciones de seguridad social establecidas en los años subsecuentes.

El proceso de industrialización transformó el modelo de servicios de salud de tipo asistencial de principios de siglo y aceleró la gestación del modelo de la seguridad social. Dicha transformación repercute en la formación de recursos humanos, ya que se pone de relieve que la atención a la salud no puede continuar circunscrita al etnocentrismo médico, sino que se debe recurrir a la multi y a la interdisciplina.

A partir de los años cuarenta se inicia en México la seguridad social para el sector obrero, surge el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) y con ello se expanden los servicios de salud de la nación. A dicha expansión también contribuye la fundación de los Institutos de Salud de la entonces Secretaría de Salubridad y Asistencia y la creación del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales para los Trabajadores del Estado, ISSSTE.

El incremento en los servicios de salud, resultante del proceso de industrialización y el incremento poblacional, da pie a una rápida expansión del sistema educativo de salud, tanto en el número de escuelas como en la matrícula y número de carreras se establece la política de incrementar la formación del personal profesional de la salud, en especial de médicos odontólogos, psicólogos y químicos.

Así, de nueve escuelas de medicina que había hasta 1911, entre ese año y 1970 se crearon 18 más, y de 1971 a 1981 otras 22; para 1985 ya se contaba con un total de 59 escuelas, de las cuales diez estaban localizadas en el Distrito Federal. La centralización de las escuelas guarda relación con la tendencia centralizadora de los servicios de salud que se observó hasta mediados de la pasada década.

El crecimiento de escuelas de odontología y enfermería ocurre en forma muy parecida, hasta alcanzar las cifras actuales de 47 y 123 escuelas, respectivamente.

En cuanto a la matrícula, el área de la salud se convirtió en uno de los focos de mayor atracción para los demandantes de la educación superior, a grado tal que para 1970 esta áreas contaba con 36 272 alumnos (17.1% del total nacional), cifra que se cuadruplica en menos de una década llegando en 1979 a 150 437 estudiantes (21.6% del total nacional). Para 1985 la cifra descendió a 126 153 alumnos (14% del total nacional) y en 1987 ya era de 115 437, es decir el 12% de la totalidad de estudiantes de nivel superior.

La expansión también ocurrió en el número de carreras, por lo que hoy contamos con 22 carreras de nivel profesional y numerosas carreras de nivel técnico, de las cuales tan sólo en el Conalep existen diez.

Cabe destacar que el incremento de la matrícula fue particularmente



importante en medicina y odontología, por lo que en 1985 ambas concentraban el 75.4% del total de alumnos del área de la salud; sin embargo esta referencia tiende a disminuir, ya que para 1987 ambas carreras captaron al 70.9 por ciento.

Una de las consecuencias de esta concentración es que hoy existen egresados de medicina y odontología sin empleo fijo en su campo profesional, no obstante que como se verá en las dos gráficas la matrícula observa un descenso importante desde principios de los ochenta.

Por lo antes mencionado hoy se deben enfrentar cinco problemas fundamentales dentro del sistema formador de recursos humanos para la salud.

#### a) *El problema de la programación*

La diversificación que tiene el sistema educativo en salud ha limitado la correcta programación de los recursos humanos. No es infrecuente observar criterios y métodos de programación diferentes y hasta opuestos en los centros educativos, y los indicadores que éstos manejan suelen también ser diferentes.

El problema se agudizó por años debido a la falta de un organismo de concertación a través del cual las instituciones educativas y de salud pudieran encontrar caminos comunes de programación. La creación en 1983 de la Comisión Interinstitucional para la Formación de Recursos Humanos para la Salud y de los grupos de trabajo estatales para la programación de recursos humanos en salud, a partir de 1987, ha abierto dos ámbitos en los que aún falta dar pasos definitivos para la correcta y conjunta planeación-programación de estos recursos.

#### b) *El problema del desarrollo*

Aquí nos referimos al desarrollo de recursos humanos en su sentido más amplio, desde el nivel formativo de las carreras técnicas y profesionales hasta el nivel de educación y capacitación continuas, pasando por el nivel del posgrado cuando ello es necesario, las políticas educativas y de ciencias y tecnología. No parece que existía una línea de continuidad entre estos tres niveles de desarrollo.

Si bien los Comités de Pregrado y Servicio Social y el posgrado y enseñanza continua de la Comisión Interinstitucional antes mencionada han formulado recomendaciones para que el desarrollo en los tres niveles mantengan una coherencia, aún falta que se establezcan compromisos *de facto* y que éstos tengan una dimensión nacional y a más largo plazo.

Es necesario considerar en forma particular y como problema prioritario del desarrollo de los recursos humanos, la capacitación tecnológica de los trabajadores que ya están dentro de las instituciones del sector salud. En este sentido se requiere implantar un programa más sólido orientado a la capacitación para el desempeño, con el fin de que el individuo realice bien las funciones que tiene asignadas, y otro programa que atienda propiamente a la capacitación para el desarrollo, a fin de preparar recursos para los puestos de mayor jerarquía y responsabilidad.

### c] *El problema de la certificación*

El problema de la certificación de calidad de los recursos humanos que concluyen un programa en un periodo instruccional también debe ser abordado por niveles académicos; es decir, a nivel técnico, de licenciatura y en el posgrado.

La certificación de estudios de los técnicos de la salud la realizan principalmente la Secretaría de Educación Pública y las instituciones educativas oficiales. No existen organismos colegiados ni sectoriales que certifiquen dicha calidad, por lo que es frecuente observar que cuando los técnicos solicitan empleo y se incorporan al sector salud, sus funciones profesionales no corresponden a los requerimientos institucionales.

En los estudios de licenciatura la certificación también muestra gran heterogeneidad. Así, las 59 escuelas y facultades de medicina y las 47 de odontología siguen criterios y procedimientos particulares para formar y evaluar a sus estudiantes y egresados, no obstante las recomendaciones que hasta el momento han hecho tanto las asociaciones mexicanas de facultades y escuelas de medicina y odontología (AMFEM y AMFEO), así como el Comité Interinstitucional de Enseñanza de Pregrado y Servicio Social.

En el posgrado la heterogeneidad en la certificación es menor por lo que toca a la profesión médica, principalmente por dos factores: primero, porque los cursos de especialización en el país tienen una sola vía de entrada, que es el examen de ingreso a las residencias médicas, y segundo, porque en su mayoría los posgrados sustentan el examen de los consejos de la especialidad correspondientes, el cual también es similar para cada especialidad en toda la República.

### d] *El problema del empleo*

En el área de la salud se ha vuelto un lugar común escuchar que existe desempleo de médicos y odontólogos, no obstante los elevados índices de

deserción escolar y la baja eficiencia terminal que ambas carreras tienen. El voluminoso número de egresados de estas carreras ha rebasado las posibilidades de empleo que ofrece el sector público y la competencia por los puestos de trabajo en el sector privado y la práctica liberal del ejercicio profesional no son menos graves.

De acuerdo con los reportes de la Asociación Nacional de Universidades e Institutos de Educación Superior, ANUIES, en 1970 había un médico por cada 1 437 habitantes en el territorio nacional, lo cual daba una proporción menor que la recomendada por la Organización Mundial de la Salud, que es de uno por cada 1 000 habitantes. Como ya se mostró, la expansión de la matrícula fue muy grande en los siguientes diez años, produciendo una tasa anual promedio de egreso acumulado de 19.6% y superando con mucho al crecimiento poblacional, que ahora en ese mismo lapso en promedio fue de 3.4% anual.

Así, para 1980 la relación era de un médico por cada 672 habitantes y para 1987 de uno por cada 623, es decir, se ha rebasado el indicador recomendado por la OMS.

Ello contribuyó a la desocupación y subocupación médica, la cual de acuerdo con estudios recientes y particularmente de una investigación realizada por el Instituto Nacional de Salud Pública en 1986, para ese año era de 7.5 y 9.4% respectivamente.

El panorama existente en la carrera de odontología es muy similar al de medicina. En 1970 apenas egresaban 605 odontólogos, en tanto que en 1980 la cifra se elevó a 4 242, es decir siete veces más, y para 1984 la cifra de egresados se mantenía en 4 484. Aunado a ello, en el mismo periodo 1971-1984 el sector público sólo creó un total de 1 000 plazas para los odontólogos.

En enfermería el problema de empleo aún no alcanza las dimensiones que en medicina. En 1987 el personal de enfermería ascendía a 117 423 personas, de las cuales 62 229 eran auxiliares, y las restantes 55 194 tenían título de enfermera general o especialista. Si sólo consideramos al personal titulado, en ese año había una enfermera por cada 1 469 habitantes.

El enfoque que frecuentemente se da cuando se hace este tipo de análisis se refiere a los puntos de vista institucionales, que se centran en el proceso educativo o en sus consecuencias, olvidándonos de los resultados esperados que es el egresado del sistema educativo, su congruencia con el perfil que demandan las instituciones empleadoras, la sociedad y sobre todo el estudiante.

Por considerar estos otros aspectos importantes, quiero hacer las siguientes reflexiones sobre el perfil profesional del egresado del sistema de

enseñanza superior, específicamente del médico, el cual en parte es consecuencia de la política científico-tecnológica.

La más reciente metodología de la enseñanza pretende dar al médico una formación intelectual en el campo del conocimiento, la investigación y la práctica científica.

Otorgar un perfil que considere:

a) Las cualidades personales, humanísticas y éticas que forman el ser.

b) El desempeño idóneo de las actividades y tareas propias de la profesión.

Los métodos y medios aplicados a un curso deben estar en función de los objetivos señalados en los planes y programas de estudio, y el conocimiento preciso de su efectividad y eficiencia depende de la objetividad de los instrumentos para evaluar el aprendizaje.

La función principal del profesor universitario es capacitar al estudiante para conocer la realidad, criticarla y cuestionarla, así como para siempre arribar a conclusiones propias válidas para el ejercicio de su profesión.

La función principal de la formación de recursos humanos es aportar egresados que:

- Conozcan la situación nacional con capacidad de autoaprendizaje y de adaptación a los cambios.

- Que posean un espíritu científico y humanista, una sólida formación básica y una amplia cultura universal.

- Que posean un sentido de responsabilidad social formado en la libertad y en la pluralidad.

- Que pueda servir de enlace con la sociedad, y que junto con otras instituciones de educación superior y de investigación del país busquen las formas idóneas de colaboración.

- Que puedan desempeñar un papel decisivo en el fortalecimiento de los vínculos de la institución con la sociedad, en un proceso de análisis de objetivos, metas y elección de estrategias adecuadas.

Que sea capaz de transformar el producto de sus quehaceres académicos en elementos de solución frente a los problemas sociales de quien les ha dado la vida: la nación.

Existe un desfase entre la capacitación tecnológica adquirida en el aula a través de su formación y el avance ubicado en la infraestructura de la práctica profesional.

Es común que el egresado se deslumbre y requiera capacitación en servicio, a veces de mucho tiempo, para utilizar en forma óptima el equipo a su disposición.

El rápido avance tecnológico provoca también una carrera entre aquel

que se capacita y la llegada de equipo con habilidades en las que nuevamente se requiere capacitación. Es importante, entonces, que las instituciones de educación superior sean vanguardistas en la utilización de los avances tecnológicos con sus alumnos totalmente integrados en una congruencia teórico-práctica, a fin de que el egresado pueda incorporarse al ejercicio profesional acorde con la dinámica de la tecnología.

Sin que esto llegue a sustituir el conocimiento y habilidad médica por el reporte computarizado de algunas variables.

Otro riesgo frecuente es la dependencia de la tecnología en el estudio del paciente a expensas de sustituir la clínica o los conocimientos con un exceso en el consumo de tecnología.

Es frecuente que la dependencia tecnológica se dé por el consumismo de los pacientes y de los médicos, quienes en ocasiones confunden calidad y ciencia con técnica e instrumentación.

# ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES INSTITUCIONALES PARA LA FORMACIÓN DE CIENTÍFICOS EN INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

Miguel Ángel Campos

## PROBLEMÁTICA

Los grandes cambios que se están produciendo actualmente en el terreno de las ciencias naturales, de la tecnología y de los sistemas productivos están muy interrelacionados. Tienen un impacto en los principios en que se basan los actuales sistemas de producción y la plataforma de la investigación tecnológica, es decir, se está llevando a cabo una revolución tecnológica que articula la ciencia, la tecnología y la producción en una forma que no existía anteriormente: *a)* todo avance tecnológico va prácticamente acompañado de conocimiento científico, mientras que casi todo avance científico tiende hacia aplicaciones tecnológicas; *b)* los nuevos sistemas de producción desplazan la importancia de la mano de obra, base de los sistemas tradicionales, hacia el uso de tecnologías avanzadas que son más intensivas en capital, y *c)* la ciencia y la tecnología están incorporadas de diversas maneras en los sistemas productivos, es decir, se incorpora el conocimiento científico por medio de personal altamente calificado —desplazando las concentraciones laborales no calificadas— y de conocimiento disponible útil para el diseño y la producción de carácter funcional y flexible de bienes de diverso tipo.

El desarrollo científico-tecnológico actual tiene varios frentes, de los cuales los más sobresalientes son la microelectrónica, la biotecnología y los nuevos materiales. Las empresas internacionales existentes en estos campos son básicamente laboratorios científico-tecnológicos, lo cual ilustra una de las formas más avanzadas de integración investigación-producción. Así, el conocimiento científico genera “información técnica de valor comercial inmediato” (Piñeiro: 1988, 700), con un impacto directo en la conformación del proceso de desarrollo industrial, en donde se integra investigación básica, investigación tecnológica y desarrollo tecnológico en un solo proceso productivo. En estas condiciones la investigación se desplaza de los centros de gravitación académica a los laboratorios industriales y a los nuevos convenios industria-academia para el desarrollo de algunos de los nodos

en este proceso. Esta integración tan estrecha requiere de recursos humanos alta y rápidamente capacitados, lo cual da nuevos matices a las maneras tradicionales de formar científicos en estas áreas.

De acuerdo con diversos estudios, estas áreas están poco desarrolladas en nuestro país y no se tiene la infraestructura adecuada para su rápido desarrollo. Por ejemplo, el desarrollo tecnológico-industrial de la micro-electrónica es fundamentalmente de ensamblaje (Corona: 1989, 9), con base en la industria maquiladora. Por supuesto, el desarrollo tecnológico en esta industria es heterogéneo, ya que hay empresas tradicionales de exportación con largas líneas de ensamblaje manual y un mínimo de equipo; empresas con equipo modificado bajo control digital, y empresas con equipo y maquinaria electrónica moderna (Brown y Domínguez: 1989, 218).

De acuerdo con Quintero (1988), la industria biotecnológica en nuestro país es reducida, retrasada, con baja capacidad de respuesta a los cambios tecnológicos, aunque su contraparte en la investigación básica (ubicada principalmente en el ámbito académico) presenta un buen potencial de investigación. En el caso de los materiales, se enfoca más bien a la investigación básica, sin que se visualice un proceso innovador a nivel tecnológico sustancial a corto plazo. Por su parte, la informática, prácticamente dependiente y con una comunidad científica pequeñísima, se dedica a la comercialización.

Estos cambios científico-tecnológicos tienen efectos claros en la estructura socioeconómica, especialmente en la distribución del empleo (María y Campos: 1988, 1085; 1989, 9). Esto es particularmente importante como un elemento que debe considerarse en una política de formación de recursos humanos altamente calificados en el ámbito de las ciencias naturales y la tecnología.

## EL CONTEXTO INSTITUCIONAL

### *Características históricas del posgrado*

La formación de científicos en México ha dependido parcialmente del posgrado nacional, un sistema de educación superior que tiene cuatro características básicas: a) crecimiento rápido en lo global, pero poco notable en las ciencias naturales, como efecto de la demanda; sin embargo, el posgrado nacional todavía es minúsculo y carece de una estructura académica sólida; b) diferenciación profesional y disciplinaria, que ha sustituido a la "congruencia funcional con el mercado de empleo" que tuvo la univer-

sidad en su etapa "tradicional" (Casillas: 1987, 128), saturando el sector servicios por la baja capacidad de generación de empleo del desarrollo industrial (Casar y Ros: 1984) y la expansión del aparato estatal; c] desvinculación entre docencia e investigación como efecto de la inclusión de dos modelos diferentes de universidad en los orígenes de la Universidad Nacional y en muchas otras: el modelo napoleónico, que constituye la universidad dedicada a la docencia y la profesionalización, y el modelo alemán que privilegia la investigación y por lo tanto el desarrollo de las disciplinas basadas en objetos de conocimiento; de esta manera, la formación de científicos constituye un espacio institucional en la intersección de dos esferas culturales diferentes, y d] la desvinculación entre programas de formación científico-tecnológica y el aparato productivo, consecuencia de las inercias del desarrollo industrial, en el que se dio mayor atención a la incorporación y transferencia de tecnología extranjera que a la generación de tecnología nacional (Casillas: 1984),

Además de que la formación de científicos en el México moderno<sup>1</sup> se ha dado en el contexto institucional descrito, es un proceso tardío que no ha permitido asimilar las características de los posgrados modernos de los países desarrollados<sup>2</sup> ni ha generado un esquema adecuado de vinculación con las necesidades productivas y de servicios.

### *Algunos efectos*

En este contexto institucional se han generado varias situaciones que poco a poco se han convertido en problemas: a] falta de tradición; b] prácticamente ausencia de reconocimiento social, y c] una visión academicista de la ciencia. Las dos primeras a su vez tienen el efecto de reducir la importancia del posgrado como atractivo para formar personal altamente calificado, generando un círculo vicioso en el que se limita su desarrollo y se apela a la formación de alta capacidad y calidad en el extranjero. Precisamente en las ciencias naturales la mayor proporción de investigadores mexicanos se formaron en el extranjero.

En lo que se refiere a la visión academicista de la ciencia y la tecnolo-

<sup>1</sup> El México moderno tuvo sus inicios formales entre 1935 y 1940. Casar y Ros (1984) hacen un análisis muy preciso del desarrollo industrial a partir de 1940.

<sup>2</sup> El sentido moderno del posgrado se establece a partir de jerarquías académico-escolares (grados académicos), que definen requisitos de acceso, promoción y egreso, con la participación de academias profesionales y a partir de necesidades específicas del aparato productivo y de servicios.



gía, la comunidad científica mexicana se inclina hacia aspectos formales de la disciplina a la que pertenecen, orientando por un lado sus objetivos hacia el fortalecimiento del propio campo científico, en particular hacia la búsqueda de "mayor pureza" para su actividad, y, por el otro, enfatizando la importancia del trabajo individual del investigador, buscando mayor "libertad académica", fuera de ataduras de toda índole (Campos: 1990a). Esta visión es un componente específico de la esfera cultural que conforma la comunidad científica, cuya base o núcleo lo constituyen las diversas formas de producción del conocimiento. Es un ámbito no monopolítico conformado por un conglomerado de subculturas con motivaciones, intereses, estatus y esquemas axiológicos y simbólicos diferentes. Esta esfera cultural *sui generis* interactúa con otras esferas dentro de la estructura social. De hecho, está en conflicto con algunas de ellas: es el caso de la brecha cultural entre investigadores y empresarios (López *et al.*: 1988) y entre investigadores y políticas gubernamentales. Este conflicto es un efecto inercial del desarrollo económico, la carencia de políticas adecuadas y la falta de mecanismos y marcos jurídicos y operativos para articular la investigación con los diversos sectores productivos, y ha fortalecido la idea de que la investigación científica "perteneces" a la academia.

Por otra parte, es importante señalar que el acceso a la comunidad científica por la vía educativa se ha dado a partir del recurso de las becas y de la convocatoria de jóvenes a partir del interés individual. Ambas situaciones son necesarias, pero claramente se ha visto que no son suficientes para conformar una comunidad científica sólida. En el caso de las becas se ha ofrecido un número considerable en los últimos veinte años (poco más de 40 000 de 1971 a 1989, casi 70% de ellas de posgrado [Aguado y Hernández: 1989]); sin embargo, en la comunidad científica nacional, de alrededor de 16 000 investigadores y técnicos, incluidas todas las áreas, existe un número también considerable de personal sin estudios de posgrado. Es decir, aunque los programas de becas han estado tradicionalmente ubicados en el contexto de las políticas de ciencia y tecnología, sólo un número reducido de los becarios se ha integrado a la investigación en cualquiera de sus formas, sin tomar en cuenta la creciente emigración de investigadores a puestos de trabajo dentro del país que no son de investigación, o a posiciones académicas en el extranjero. Un problema con este proceso es que no se han especificado las áreas de desarrollo científico-tecnológico en el contexto de las políticas sectoriales del gobierno federal, ni las relaciones que el proceso de formación de científicos tiene, desde el punto de vista de las políticas de ciencia y tecnología, con los efectos ramificadores de personal calificado en otros sectores de la estructura socioeconómica. Con ello, la formación

de científicos mediante becas parece reducirse a un problema de financiamiento, limitando el gran potencial que esta vía tiene para el desarrollo de una comunidad científica más sólida. Es obvio, además, que una política de becas que no está acompañada de seguimiento y reintegración del becario a la investigación carece de sentido, ya que el mercado laboral al que supuestamente se reintegraría carece de condiciones receptivas propicias: es un mercado laboral académico cerrado, sin competencia a nivel institucional y con graves carencias en infraestructura y condiciones salariales.

Por otra parte, la búsqueda de jóvenes interesados en la investigación se limita a apelar al interés individual, sin contextualizar ese proceso con las condiciones institucionales específicas en que se hace ciencia en México. Así, pareciera que “la ciencia” o “el conocimiento” existen por sí solos, ajenos a las graves limitaciones institucionales existentes, desde las curriculares, en donde no existen programas de seguimiento de ningún tipo, hasta las laborales, una vez que desean seguir una carrera de investigador. Es decir, ni por la vía de becas ni por la del interés existen condiciones estructurales ni institucionales para la plena incorporación al sistema de ciencia y tecnología.

### *Procesos actuales que inciden en el posgrado*

En este contexto, la formación de científicos tiene un lugar poco propicio para su desarrollo. Debemos agregar por lo menos tres procesos que están incidiendo en la universidad en general, que deben considerarse en el análisis del posgrado y el desarrollo científico-tecnológico como plataforma para la formación de científicos:

1. Las transformaciones de la economía a escala internacional, que han llevado a la generación de un nuevo modelo de desarrollo en el país; de acuerdo con la discusión anterior sobre los problemas relativos a la desvinculación entre docencia, investigación y aparato productivo, parece ser que la universidad continuará formando profesionales capaces de usar tecnologías disponibles (extranjeras en su mayoría) mediante un proceso de rápida asimilación en el posgrado y al incorporarse al trabajo, manteniendo la baja capacidad de generación de tecnología propia.

2. El fortalecimiento de la universidad privada, que provee al aparato productivo de cuadros especializados en el nivel de dirección y de otros servicios.

3. La cada vez menor credibilidad que tiene el gobierno federal ante la comunidad científica, debido al carácter predominantemente discursivo de las políticas en materia de ciencia y tecnología.

## LA ESTRATEGIA NACIONAL DE FORMACIÓN DE CIENTÍFICOS

La actual estrategia nacional de formación de científicos se ubica en el contexto de las políticas de desarrollo industrial como factor de productividad y competitividad para la modernización económica (Plan Nacional de Desarrollo 1989-1994):

La modernización requiere una clarificación de las respectivas contribuciones de la actividad científica y de la actividad tecnológica en el desarrollo nacional. La ciencia no debe valorarse como proceso supeditado a los requerimientos cotidianos de las actividades económicas, sino por su contribución a largo plazo. Por su parte, la tecnología debe ponderarse principalmente por su capacidad para impulsar el mejoramiento de las actividades productivas (p. 91).

En el propio Plan Nacional de Desarrollo se proponen apoyos específicos al desarrollo científico (p. 92) y la modernización tecnológica (p. 93). A este respecto se plantea que:

el objetivo fundamental es inducir una rápida y eficaz modernización tecnológica del aparato productivo nacional. Es necesario actuar en todos los frentes para alcanzar una eficiente actualización tecnológica en la industria, el campo y los servicios. La política tecnológica, que hasta ahora ha enfatizado el aspecto de investigación y desarrollo, habrá de diversificarse hacia los campos de adquisición, asimilación, adaptación y difusión eficientes de tecnología (p. 92).

Estas intenciones se plasman en los objetivos del Programa para la Modernización Educativa 1989-1994, ya que se plantea "Atender la demanda de la educación superior universitaria y tecnológica en la medida que lo necesite la modernización de la sociedad" (p. 130) a nivel de educación superior en general, y de la tecnológica en particular (p. 135). En este contexto se especifican propósitos relativos a la formación de científicos (pp. 161, 163) en todos los campos, en especial los de frontera (p. 158).

Estos propósitos tienen que llenarse de contenido específico cuando se aborde el problema de "adquisición, asimilación, adaptación y difusión" de tecnología, ya que los insumos importados para la producción orientada a la exportación contienen una carga tecnológica determinada; es decir, se introduce tecnología incorporada. Por su parte, la asimilación de tecnología que requiere adquisición o uso de licencias de sistemas de producción en sus diversas fases implica pago de regalías y limitaciones a la innovación tecnológica nacional, reproduciendo la situación actual. Un riesgo complementario es que se importe tecnología indiscriminadamente, con efec-

tos no deseados para el desarrollo industrial nacional, ya que se importa tecnología obsoleta, tecnología que no se adapta a las condiciones del país, o que es de difícil asimilación (Villarreál: 1989, 15). Por otra parte, la tecnología se ha convertido en una "materia [...] cara porque los países desarrollados y las empresas transnacionales la controlan con rigidez" (Ortiz y Street: 1989, 621). Además, debido a que la transferencia tecnológica se ha dado en forma desventajosa (*ibid.*, 620), colocando al país en condiciones de mayor retraso, contrario a lo esperado, es claro que se requiere una completa reformulación al respecto.

Si bien una política industrial orientada a las exportaciones y con base en la inversión extranjera favorece el flujo tecnológico y otras condiciones para la modernización del aparato industrial, no es posible suponer que sólo los agentes externos propiciarán un desarrollo sano de la economía como sistema satisfactor de necesidades sociales. Partir de este supuesto implica desconocer el proceso histórico que precisamente provocó que se diera la situación en que ahora estamos: retraso tecnológico, comunidad científico-tecnológica y sistemas educativos débiles que terminan formando científicos cos desvinculados del aparato productivo.

#### ALGUNOS CRITERIOS PARA LA ELABORACIÓN DE POLÍTICAS DE FORMACIÓN DE CIENTÍFICOS

Los problemas señalados anteriormente representan fuertes contradicciones difíciles de superar a corto plazo. En primer lugar, la formación de científicos no puede pensarse sin considerar los elementos propios del desarrollo científico en el panorama internacional. Para abordar este problema es necesario entender que una de sus características actuales, y de mayor importancia, es la tendencia hacia una mayor integración entre investigación científica e investigación tecnológica. Esto es, la separación entre investigación científica, que tradicionalmente se ha interpretado sólo como la búsqueda del conocimiento "por sí mismo", y el desarrollo tecnológico, que se suponía se basaba en "lo práctico",<sup>3</sup> se ha ido estrechando, a tal grado que "la línea entre investigación científica y tecnológica es borro-

<sup>3</sup> Estas formas de interpretar la ciencia y la tecnología constituyen una manera particular de representación cultural desde la cual se entiende su ubicación institucional y social. En Campos *et al.* (1990b) se presentan las posturas de investigadores de cinco grandes campos científicos, que ilustran los conflictos culturales a que he aludido en este trabajo. Una elaboración más amplia de este problema se encuentra en Campos (1991).

sa" (Méndez: 1989, 9). Así, debe modificarse la concepción sectorial de la ciencia y la tecnología. Es necesario concebir a la ciencia y la tecnología como elementos integrados e inherentes al proceso de producción (como factor económico); como un elemento alimentador del proceso educativo en sus diversos niveles escolares (como factor educativo); y como un elemento con valor social en sí mismo (como factor cultural). Debido a que esta triple dimensión de la ciencia y la tecnología existe en condiciones históricas, sociales e institucionales concretas, es necesario abordarlas en su contexto particular, de manera que sea posible analizar las conexiones existentes entre esas tres dimensiones con mayor claridad.

Partir de esta concepción implica cambiar el carácter exageradamente disciplinario y desintegrador de la actual formación profesional universitaria por una formación profesional de excelencia con una visión integradora de la problemática teórica, técnica y contextual del campo científico correspondiente. Es preciso que se redefina la naturaleza y el papel del posgrado en este conjunto de dimensiones, de manera que se pueda determinar con claridad las características deseables de los siguientes aspectos: a) las condiciones institucionales específicas para que los programas realmente formen científicos en el país; b) qué tipo de problemas teóricos y prácticos van a abordar, con una profunda orientación por la producción de conocimiento científico y tecnológico, y c) cómo se van a formar los profesionales que van a resolver problemas teóricos y prácticos, pero con una sólida base científica para orientarse hacia la innovación tecnológica. Además, establecer los programas de excelencia que permitirán que científicos y profesionales se formen como docentes de alta calidad para la propia educación superior, en sus niveles profesional y de posgrado. Por supuesto, también debe cambiar el actual comportamiento institucional con respecto al posgrado y la investigación, buscando crear mejores condiciones para que tanto la investigación como el posgrado tengan una relación más estrecha con el aparato productivo en los campos que así se requiera.

Todo esto implica el inicio de una discusión abierta sobre varios puntos críticos, a saber:

1. El papel que tienen la Universidad y las instituciones de educación superior en general como espacio social privilegiado para la formación de científicos en las ciencias naturales y en los campos tecnológicos, por ser un espacio social que permite, a partir del principio de libertad académica, la libre expresión de las ideas.

2. Los alcances de la investigación tecnológica en la Universidad como espacio privilegiado de la producción de conocimiento científico y tecnológico, ya que este último, como se ha mencionado, es en la actuali-

dad un insumo fundamental para la producción. La investigación tecnológica tiene sentido sólo cuando es un componente esencial de las cadenas productivas, por lo que es importante llegar a definiciones específicas al respecto.

La investigación tecnológica es la práctica científica de un grupo social que, por carecer de condiciones para ubicarse en la industria (o en los lugares pertinentes que los vinculen con el aparato productivo), han generado un espacio social a través del surgimiento de la profesión académica. Es decir, los desequilibrios en la estructura del empleo generados por los desequilibrios en la estructura económica (entre ellos, la baja demanda de tecnología nacional) favoreció el surgimiento de la “profesión académica”, que incluye a profesores e investigadores en los campos tecnológicos sin vinculación con la industria. Sin embargo, el espacio social de este grupo que reclama ser científico no está legitimado como tal todavía.

3. Es necesario que se discuta la actual configuración institucional de la Universidad, que ha separado física y culturalmente a la investigación de la formación profesional; esta configuración ha generado una estructura administrativa y laboral que entorpece y obstruye la interacción entre ambas prácticas, y se manifiesta en estatutos, reglamentos, procedimientos administrativos y escolares, diseños curriculares, etcétera.

4. Desde el punto de vista de política educativa para la formación de científicos, es necesario tener una concepción más flexible y crítica de ciencia, tecnología e investigación, de manera que los diseños de planes y programas de estudios de posgrado no sólo cubran perfiles profesionales que administran y reproducen tecnología, sino que provean las condiciones intelectuales para la generación de tecnologías en el espacio académico y en el espacio industrial.

5. Se debe detener la creación desordenada de programas cuya calidad no es satisfactoria; detener el crecimiento desordenado de la matrícula; favorecer la movilidad interinstitucional de los estudiantes, es decir, contar con sistemas compatibles de acreditación entre instituciones, dependencias y programas, apoyados con sistemas escolares ágiles, para que el estudiante pueda optar por cursos y seminarios debidamente acreditados en los programas que ofrezcan la mejor calidad en el campo.

6. El proceso de formación de científicos es un proceso de flujo que se inicia formalmente por lo menos en la preparatoria, continúa en la licenciatura y tiene que culminar con el doctorado. Es decir, se está hablando de un proceso de formación, de educación, de nueve a diez años, por lo que la formación de recursos no se puede limitar a un proceso financiero de asignación de becas, sino que debe constituirse en un esfuerzo institucional que

involucre las acciones gubernamentales, de las instituciones de educación superior y de los sectores productivos.

#### CONSIDERACIONES FINALES

En suma, se requiere un cambio de concepción y una reconfiguración de las acciones institucionales en todos los niveles, en el contexto de los escenarios científico-tecnológico e industrial, que en su ya de por sí problemática estructura presentan demandas y retos específicos para la formación de científicos. De esta forma, hay que señalar la necesidad de incluir en la discusión el problema del uso y generación de tecnologías alternas que hagan eficientes los procesos productivos pero que no desplacen indiscriminadamente la oferta de empleo, bajo políticas selectivas, tomando en cuenta las bondades de la combinación pertinente de tecnologías en un determinado proceso de producción. Así mismo, orientar la investigación tecnológica hacia la producción de materiales nuevos, previendo la generalización de la aplicación de las nuevas tecnologías en la producción. El establecimiento de políticas de desarrollo científico y tecnológico con base en estos elementos como objetivos implica apoyar el desarrollo de tecnologías propias y el surgimiento de una base o masa crítica. Es decir, apoyar la investigación en la industria y en la academia, y apoyar el posgrado.

El siglo XXI está muy próximo, y el rezago de científicos, ingenieros y profesores de posgrado es muy grande. Las necesidades del país para competir en un marco internacional socioeconómico altamente desarrollado y competitivo, aunado al interés por ser un país mejor educado y con cultura científica y tecnológica más sólida, requieren de atención inmediata. Es necesario establecer políticas selectivas de apoyo al posgrado, a la ciencia y la tecnología, que se encuentren en estrecha relación con políticas intersectoriales realistas e integrales.

#### BIBLIOGRAFÍA

- Aguado, S. y M. Hernández. "Políticas de apoyo al posgrado", en M.A. Campos y J. Jiménez (eds.), *El sistema de ciencia y tecnología*, México, UNAM, (en prensa).
- Brown, F. y L. Domínguez, "Nuevas tecnologías en la industria maquiladora de exportación", en *Comercio Exterior*, vol. 39, núm. 3, marzo de 1989, pp. 215-223.

- Campos, M.A., "La problemática socioeducativa de la formación de científicos en México. Problemas del posgrado, la investigación y el desarrollo tecnológico", tesis doctoral, FFyL, UNAM, 1990a, 339 pp.
- \_\_\_\_\_, "Problemática sociocultural de la ciencia, 1991", 20 pp.
- \_\_\_\_\_, J. Jiménez y E. Díaz-Francés. S&T development goals in a developing country; ponencia presentada en el XII Congreso Mundial de Sociología, Madrid, España, 9-13 de julio de 1990, 18 pp., 1990b. (a).
- Casar, J.I. y J. Ros. "Problemas estructurales de la industrialización en México", en M. Pérez-Lizaur, A. Castaños y J.A. Esteva, *Articulación tecnológica y productiva*, México, CIT, UNAM, 1984, pp. 31-60.
- Casillas, M.A., "Notas sobre el proceso de transición de la universidad tradicional a la moderna. Los casos de la expansión y la institucionalización", en *Sociológica*, año 2, núm. 5, 1987, pp. 121-144.
- Corona, L. Revolución científico-técnica en el contexto mundial; ponencia presentada en el simposio México ante las Nuevas Tecnologías, enero de 1989, 18 pp.
- López, A., A.P. Scalón y J.L. Solleiro. La vinculación universidad-empresa: motivaciones e impedimentos; documento preparado para el Seminario sobre Gestión Tecnológica, Canacintra, octubre de 1988.
- Maria y Campos, M. de. "México frente a los retos de la nueva revolución tecnológica", en *Comercio Exterior*, vol. 38, núm. 12, diciembre de 1988, pp. 1084-1094.
- Méndez, I. "La relación entre investigación científica e investigación tecnológica", en M.A. Campos y J. Jiménez (eds.), *El sistema de ciencia y tecnología*, México, UNAM (en prensa).
- Ortiz E. y J.H. Street. "La crisis y la planeación en América Latina", en *Comercio Exterior*, vol. 39, núm. 7, julio de 1989, pp. 618-623.
- Quintero, R. Biotecnología; ponencia presentada en el simposio México ante las Nuevas Tecnologías, cit., 18 pp.
- Villarreal, R. "Lo inalcanzable y lo alcanzable en la modernización tecnológica en México"; ponencia presentada en el seminario La Brecha Tecnológica, México, UNAM, noviembre de 1989, 25 pp.



## ALTERNATIVAS DE LA INDUSTRIA DE FERMENTACIONES EN MÉXICO

**Carlos Casas-Campillo**

De los diversos campos de estudio que abarca la biotecnología, el referente a las industrias de fermentaciones representa el de mayor relevancia económica y su desarrollo ha estado apoyado por el amplio progreso del conocimiento científico. La industria de fermentaciones, inicialmente basada en prácticas empíricas, aun antes de que se conociera la causa íntima de los procesos se vio enriquecida al descubrirse el papel que desempeñan los microorganismos y sus mecanismos de acción y regulación. A partir de las investigaciones fundamentales de Pasteur en el siglo XIX las industrias de fermentación se desarrollan sobre fundamentos más sólidos, que se han incrementado a través de los años a medida que se conoce mejor el comportamiento de los microorganismos y su versatilidad bioquímica y fisiológica. El conocimiento de su patrimonio genético y la forma de modificarlo o manipularlo ha abierto nuevos caminos a los procesos de producción. El desarrollo de los procesos industriales a nivel global ha sido impresionante a partir de los años cuarenta en que surge la llamada era de los antibióticos. A partir de esa fecha la introducción del amplio conocimiento científico en los desarrollos biotecnológicos, muy especialmente la microbiología, la bioquímica, la genética y la bioingeniería, han permitido el avance de las industrias de fermentación en los países más avanzados. Varios cientos de productos han sido puestos en el mercado y su número va en aumento a medida que se domina la técnica de manipulación genética (ingeniería genética) que permite la utilización del sistema microbiano en la síntesis de compuestos con actividad biológica cuyos determinantes genéticos se han transferido de sistemas animales.

En México la industria de fermentaciones se ha desarrollado siguiendo diversos caminos. Las fermentaciones tradicionales constituyen la base principal para el desarrollo de la industria. La producción de alcohol, cerveza y vinos representa el renglón económico más importante en el país, complementado con la producción de bebidas regionales (destilados) que sin duda aportan contribuciones económicas de consideración. Estas actividades integran el renglón más importante de la industria de fermentaciones y han permanecido por años, con modificaciones tecnológicas de menor cuantía,

constatándose en algunos casos, como en la producción de cerveza, únicamente cambios cuantitativos (cuadro 1).

Cuadro 1

INDUSTRIAS DE FERMENTACIÓN EN MÉXICO  
(En producción)

Antibióticos	Vinagre
Aminoácidos	Quesos
Enzimas	Yogur
Acido cítrico	
Vacunas	<i>Spirulina</i>
Etanol	Inoculantes (leguminosas)
Cerveza	Humos (compost)
Vinos	Fermentación de esteroides
Destilados	Hongos comestibles
Levadura panificación	

En algunas regiones del país, particularmente los estados de Oaxaca y Jalisco, las pequeñas industrias de fermentación para la elaboración de destilados (mezcal o tequila) significan aportaciones importantes a la economía local y a través de algunos laboratorios regionales se ha mejorado la calidad de los productos, que en casos especiales son objeto de exportación. Algunas fábricas de marcas conocidas han sido incorporadas a empresas de mayor relevancia industrial (Sauza, Domecq) con franca tendencia al control de la producción. En Jalisco existen aproximadamente 30 plantas de producción de tequila. En el caso particular del mezcal, en Oaxaca se hacen estudios para uniformar y perfeccionar la calidad de los productos. Un caso similar lo constituye la producción de alcohol, ligada a la actividad de los ingenios azucareros; en el país existen alrededor de 35 destilerías, la mayor parte de las cuales trabajan con baja eficiencia. Otro renglón importante de la industria de fermentaciones lo constituye la producción de productos de biosíntesis, como los antibióticos y aminoácidos que emplean tecnologías transferidas por empresas internacionales.

En el país existen filiales de grandes empresas que producen antibióticos (Upjohn, Pfizer, Abbot) y en los casos de otras, Fermic (tetraciclina) y Cibiosa (penicilina G) originalmente con tecnologías transferidas del extran-

jero. La producción de ácidos orgánicos constituye otro renglón de importancia; la empresa Fermex (Fermentaciones Mexicanas), originalmente un consorcio México-japonés, fue adquirido recientemente por capital japonés para producir L-lisina y ácido glutámico. La compañía Mexama, filial de Miles, produce ácido cítrico. En la producción de enzimas para uso industrial dos compañías con tecnología transferida del extranjero (Enmex y Pfizer) producen amilasas y proteasas. Otros capítulos de menor cuantía económica lo constituyen la producción de inoculantes para leguminosas por diversas empresas, una de las cuales, Nitragin, utiliza tecnología transferida del extranjero. Otras empresas pequeñas trabajan con tecnologías generadas en el país.

Ha existido particular interés en el desarrollo de forrajes a través de procesos de fermentación, en especial tendiente a utilizar residuos animales (estiércol) como base para el desarrollo de alimentos pecuarios en un proceso de recirculación. En este aspecto sobresalen dos procesos que han sido implementados en escala de producción comercial: el proceso Fermel y el proceso Ecefer.

Un renglón importante desde el punto de vista de la salud pública es el que se refiere a la producción de vacunas utilizando técnicas de producción derivadas de las fermentaciones. En el Instituto de Higiene (SSA) (Gerencia de Biológicas y Reactivos) se han mejorado los procedimientos para producir vacunas tradicionales (vacuna triple, tifoidica, etc.). En los últimos años se ha advertido el interés de desarrollar procesos de fermentación para obtener levadura de panificación, levadura comestible, y la fermentación de lacticinios para elaborar productos similares al yogur. Particular interés se ha despertado en el país en el desarrollo de procesos empleando tecnología de fermentación avanzada derivada de la modificación genética (transferencia genética) de microorganismos y existen varios grupos de investigadores desarrollando trabajos en esa dirección.

No obstante, debe considerarse que la tecnología basada en la recombinación del ADN tiene características especiales. Se sustenta en investigación básica avanzada que requiere de un financiamiento amplio para investigación y desarrollo, se trata de una tecnología de riesgo. Ha sido desarrollada por compañías que poseen infraestructura en investigación y pruebas clínicas, y se ha constatado la tendencia de absorción de pequeñas compañías por consorcios internacionales; se caracterizan por el desarrollo de un número limitado de productos y por controlar los mercados. Obtenida la modificación genética debe mostrarse su estabilidad y el proceso debe ser implementado a nivel de planta piloto para determinar la evaluación técnica y económica. Debe contarse con procedimientos de separación y

purificación del producto, y finalmente llevar a cabo su caracterización. Si se trata de un producto con actividad biológica (hormonas) se requiere llevar a efecto su evaluación clínica. Si se cumplen con estos aspectos del proceso, habrá que implementar su producción comercial que estará ligada a los estudios del mercado.

Por estas características, hasta la fecha no ha sido posible el desarrollo de procesos industriales basados en esta tecnología en el país. Para ilustrar las dificultades de su implementación industrial, es suficiente con el examen de la situación que guarda la industria químico-farmacéutica en el país. El punto más importante se refiere al alto grado de dependencia externa con un dominio completo de los procesos de fermentación para la producción de fármacos (ejemplos: antibióticos, aminoácidos, etc.). Después, la estructura oligopólica de la industria (aproximadamente 50 trasnacionales representan el 75% de la producción nacional). Según informaciones de la FAO, en Estados Unidos existen 189 compañías trasnacionales, 31 de las cuales operan en Gran Bretaña y 23 en Japón. Su influencia es definitiva en los países de América Latina, África y Asia. En México más del 50% de las materias primas para la industria químico-farmacéutica vienen del extranjero y en el renglón de las hormonas esteroides se importan el 85% de los insumos. El caso de las industrias de las hormonas esteroidales proporciona un buen ejemplo de que aun existiendo en el país las tecnologías y personal calificado para llevar a cabo el bioproceso, las filiales de grandes compañías trasnacionales, a través del control de insumos, incluyendo la materia prima, dominan la producción y los mercados globales.

A través del tiempo ha existido en el país un interés creciente en el desarrollo de procesos de fermentación. A partir de la fundación de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN, se iniciaron actividades formativas de personal especializado en fermentaciones, creándose la carrera de químico zímólogo, cuyos egresados contribuyeron en forma notable a la tecnificación de las industrias de cervecería, fabricación de vinos y otros productos biológicos derivados de procesos de fermentación. Años más tarde la carrera fue modificada para dar origen a la carrera de ingeniero bioquímico, que con conocimientos más amplios estuvieron capacitados para integrar conocimientos biológicos, bioquímicos y de ingeniería; la carrera se desarrolló con un éxito inusitado y actualmente se ofrece en 16 de los Institutos Tecnológicos de provincia y con variantes en el ITES de Monterrey, en la Universidad de Sinaloa y en la UAM. Estos avances en la formación de personal calificado para las industrias biológicas despertaron el interés por la actividad de investigación científica y tecnológica, particularmente en el campo de las fermentaciones, que se vio fortalecida por la

apertura de nuevas opciones profesionales en las industrias de alimentos, esteroides, antibióticos y de petroquímica secundaria. En 1972 se fundó el primer Departamento de Biotecnología y Bioingeniería en el Cinvestav-IPN, siendo el área de fermentaciones medular en su desarrollo. A esta actividad inicial siguieron otras similares en diversas instituciones, especialmente en la UNAM, UAM y algunas instituciones de provincia. La formación de maestros en ciencias y más reciente de doctorados en ciencias dentro de la especialidad de fermentaciones está contribuyendo a la formación de especialistas de alto nivel.

Han surgido así nuevos grupos de investigación, nuevos centros o institutos que contribuyen al desarrollo de diversos procesos de fermentación. De particular importancia son los estudios basados en la modificación genética de microorganismos, la síntesis de productos específicos con actividad biológica (proteínas, péptidos, etc.), a través de procesos de fermentación. Se puede afirmar que en las instituciones de educación superior la investigación dentro del área de las fermentaciones se ha desarrollado con diversos objetivos. Sin embargo, pocos avances de procesos han pasado de la etapa de laboratorio a escala semipiloto. Escasas instituciones poseen instalaciones piloto, incluyendo el proceso de fermentación y las tecnologías de recuperación y purificación del producto. Estas etapas son necesarias para los estudios de factibilidad económica y su posible desarrollo industrial.

De hecho, las instituciones de educación superior carecen de la infraestructura material y del financiamiento adecuado para intentar el desarrollo industrial de procesos de fermentación. A esta situación debemos agregar que las empresas biológicas en México comúnmente no tienen personal para actividades de investigación y desarrollo; el personal disponible únicamente cumple con resolver los problemas inherentes a la producción. Sobre esta base, pocas empresas biológicas podrían ser usuarias de las tecnologías generadas en las instituciones educacionales. Por esta razón existe definido interés del sector educativo en establecer vinculación con el sector productivo para la incorporación de los logros en la investigación científica y tecnológica, aunque en el esquema se hace necesaria la intervención del sector gobierno a través de regulaciones y agencias específicas; algunas instituciones prefieren establecer vínculos directos a través de convenios con los posibles usuarios de las tecnologías.

De esta revisión se puede concluir que el país cuenta con las instituciones formativas de personal calificado, incluso a nivel de posgrado, en el campo de las fermentaciones. La investigación científica y tecnológica que se desarrolla en esas instituciones es en general de buen nivel y está

propiciando el desarrollo de tecnologías que sólo parcialmente se han implementado a nivel de producción (cuadro 2).

## Cuadro 2

### PRINCIPALES DESARROLLOS DE PROCESOS DE FERMENTACIÓN EN MÉXICO

---

Inoculantes para leguminosas (P)
Fermentación de estiércoles (Biofermel, Ecefer) (P)
Producción de biogás (E)
Enzimas microbianas (E)
Bioconversión de esteroides (E)
Penicilinas semisintéticas
Producción de vacunas (triple, tifoidica) (P)
Producción de insulina humana (E)
Producción de xantanas (E)
Producción de levadura alimenticia (PS)
Producción de bioinsecticidas (BT) (E)
Producción de giberelinas (E)

---

P = en producción.

E = en experimentación.

PS = producción semindustrial.

La vinculación con el sector que podría apoyar el desarrollo tecnológico es todavía muy limitada en el campo que nos ocupa, particularmente por la estructura del desarrollo de las industrias biológicas en México. Por esta razón es muy probable que los procesos derivados de tecnologías avanzadas sean finalmente asimilados por las grandes compañías internacionales que sin duda se irán incorporando al país a través de las aperturas comerciales. Sin embargo existe también la posibilidad de que grupos nacionales de empresarios se decidan a utilizar tecnologías surgidas de nuestros centros de estudio para el desarrollo de nuevas industrias. Otras alternativas que están teniendo éxito se fundamentan en tecnologías intermedias, cuyas características se ajustan a condiciones sociales, económicas y ecológicas que privan en regiones específicas del país. Los procesos de fermentación ofrecen amplias posibilidades dentro de este enfoque, muy especialmente cuando se trata de contribuir a la solución de situaciones relacionadas con la actividad agroindustrial, la alimentación pecuaria y el mejoramiento del medio ambiente.

## BIBLIOGRAFÍA

- Casas-Campillo, C., 1988. "Aspectos del desarrollo de la biotecnología en México", Mem. Coleg. Nac. 1988:15-31.
- , 1991. "Biotecnología intermedia, alternativa para la explotación de recursos regionales". *Sociológica*, 6:229-238.

## POLÍTICA CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA DEL CONACYT

**Martín Celaya Barragán**

Las tendencias de recomposición y de globalización a partir de 1985 marcan las pautas en torno al avance del nuevo rostro mundial. Entre ellas, destaca el papel de la ciencia y del desarrollo tecnológico como ejes de la competitividad y la productividad. La producción, el uso y la apropiación de conocimientos aplicados se convierten en una fase más del ciclo productivo y ofrecen posibilidades de una mejor calidad de vida.

En nuestro país, la planta productiva y el sistema de ciencia y tecnología, integrado por las instituciones y centros de investigación y desarrollo públicos y privados, transitan por un proceso de cambio y adecuación a las nuevas realidades; salen de un escenario de economía cerrada, protegida, sin competencia, subsidiada, con regulación excesiva, ineficiente, poco competitiva y sin estímulos a la modernización e innovación tecnológica. Este cambio requiere de la necesaria vinculación entre los diferentes actores para lograr el desarrollo científico y tecnológico y que la modernidad de la planta productiva deje de ser un fenómeno aleatorio.

Sin soslayar la importancia de los avances logrados en ciencia básica, es menester reconocer que dicha desarticulación acumuló graves problemas que se reflejan principalmente en la no correspondencia entre el diseño curricular de educación superior y las necesidades del mercado de trabajo; en la contradicción entre la masificación y la calidad y en el poco incentivo a la investigación aplicada y al desarrollo tecnológico.

El gasto en ciencia y tecnología en nuestro país llegó a ubicarse en 0.4% del PIB, mientras que en otros países representa del 2 al 5%. En su composición, dado el divorcio entre aparato productivo-Universidad, el 85% del financiamiento proviene del gasto público, mientras que en lugares como Japón constituye el 10% y en otros, como Brasil, representa hasta el 50%. Asimismo, en México, de cada diez investigadores, nueve se dedican a ciencia básica y uno a desarrollo tecnológico. Diversas fuentes citan entre 2 y 2.6 investigadores por cada 10 000 habitantes, mientras que en otros países hay hasta 40 por cada 10 000 habitantes, de los cuales el 20% se dedica a la investigación en ciencia básica y el 80% a la tecnológica.

En el nuevo escenario para la educación superior, la investigación



científica y el desarrollo tecnológico están determinados por un proceso de apertura del país a la economía mundial, lo que implica un esquema de competencia y la reorganización y transformación de la planta productiva nacional.

Hay que subrayar el papel que representa la productividad en el nuevo escenario. La competitividad se mide en términos de calidad, precio, servicios y constante innovación.

Una fuente de ventajas competitivas es la capacidad de desarrollo científico y tecnológico. En los países industrializados, las empresas más avanzadas han incrementado sus ventajas a través de la introducción de nuevos procesos de producción, productos y formas de organización industrial. Mediante la innovación y el desarrollo tecnológico es posible desarrollar ventajas competitivas que permitan mantener y aumentar la participación en los mercados internacionales.

Las nuevas tecnologías son cada vez menos intensivas en el uso de la energía y de las materias primas tradicionales. Esto ha debilitado el vínculo tradicional entre el crecimiento de la producción industrial en los países avanzados y la demanda de bienes primarios. En consecuencia, los países en desarrollo no pueden ya mantener un crecimiento basado sólo en la exportación de productos que utilizan de manera intensiva sus recursos naturales. La modernización tecnológica de sus industrias y la disponibilidad de capacidades por la innovación se convierten en factores centrales de la nueva estrategia de desarrollo.

No es posible avanzar en la modernización económica y tener acceso a la globalización sin una adecuada concepción de la productividad. Uno de sus motores es el recorte de los ciclos de la revolución científica y tecnológica. Los periodos cada vez más cortos entre diseño, producción y comercialización obligan a la investigación científica y al desarrollo tecnológico a representar un papel central en la competencia. Por lo tanto, la apertura económica demanda actuar en dos sentidos: por un lado, generar, innovar, adquirir, difundir y adaptar tecnología, así como estimular las áreas de investigación y desarrollo, y, por el otro, promover su articulación con el aparato productivo. Es decir, la liga Universidad-industria, Universidad-desarrollo económico.

El viejo escenario se apoyó en mayor medida en la transferencia de tecnología, sin un proceso cuidadoso de selección. La industria nacional conoce poco de las ventajas de un sistema de propiedad industrial, de las posibilidades de adaptación o desarrollo tecnológico interno, así como de su complemento con el mercado mundial de tecnología y las tendencias de tecnoglobalización.

No todo el paquete industrial optó por la transferencia de tecnología en el viejo esquema. Una buena parte quedó en la ilusión de la posibilidad de autosuficiencia tecnológica.

El nuevo escenario plantea un par de retos inmediatos: primero, para el parque industrial, incorporar en su estructura productiva la capacidad creativa, innovadora, de modernización tecnológica. Segundo, como lo señaló recientemente el secretario de Educación Pública, Manuel Bartlett Díaz, y lo indica el programa de modernización educativa que cito: "la modernización del posgrado y la investigación implican un proceso de cambio y transformación de estructura en el sistema de educación superior [...] El imperativo de competir a nivel mundial hace indispensables los cambios y la modernización debe estar al servicio del desarrollo".

#### PROGRAMA DEL CONACYT

La política actual de ciencia y tecnología promueve la participación del sector productivo en la modernización tecnológica e impulsa la generación, innovación y asimilación de tecnología en las empresas; al mismo tiempo, incrementa en número y calidad los apoyos a la investigación científica y a la formación de recursos humanos a nivel de posgrado.

Los programas actuales del Conacyt apuntan a fortalecer la cooperación multisectorial entre las universidades, el Estado y la sociedad. En este contexto cabe subrayar la importancia que tiene la participación de la iniciativa privada en el financiamiento de la investigación y el desarrollo tecnológico, orientados a la modernización tecnológica de las empresas. No se trata de estar a la vanguardia en tecnología de punta de la noche a la mañana sino de aproximarse gradual pero aceleradamente, en especial ahora que enfrentamos a un mercado internacional basado en economías de escala, en el que la competencia se acentúa. De esta forma, los proyectos de desarrollo tecnológico se financiarán siempre que exista una empresa interesada en la utilización de sus resultados y se comprometa con fondos concurrentes al financiamiento del proyecto.

Asimismo, se busca canalizar recursos a la investigación científica básica, de forma tal que su aplicación corresponda a criterios estrictos de excelencia bajo selección y procedimientos eficaces y transparentes. Estos criterios serán establecidos por la comunidad científica del país y por los sectores involucrados directamente en el desarrollo científico. Todos los recursos serán concursables y el resultado de las evaluaciones será público.

### *Fondo de Investigación y Desarrollo para la Modernización Tecnológica (Fidetc)*

El Conacyt ha creado el Fondo de Investigación y Desarrollo para la Modernización Tecnológica (Fidetc) para apoyar proyectos de modernización que van desde la adaptación, transferencia y asimilación de tecnologías hasta el desarrollo e innovación de productos o procesos tecnológicos, que puedan llevarse a cabo bien en institutos o centros de investigación y desarrollo públicos o privados, o bien en la propia empresa.

El Fidetc apoya el desarrollo de tecnologías, especialmente con vistas a su futuro, para estar en condiciones de competir. Para ello, se requiere convencer a los empresarios, sobre todo pequeños y medianos, de la importancia de invertir en tecnología y de compartir el riesgo, así como crear empresas de consultoría y asistencia técnica para apoyar a las empresas y promover el mercado de tecnología (registro Conacyt de consultores) con el fin de lograr una mayor interacción entre los centros de investigación y desarrollo y las empresas. En todos los casos, para que el Fidetc pueda apoyar proyectos de investigación y desarrollo es necesario que exista un empresario como usuario final de los resultados del proyecto y que participe con recursos concurrentes en el desarrollo de éste.

### *Fondo para el Desarrollo de las Capacidades Científicas y Tecnológicas Estratégicas*

Mediante él, se puede participar bajo el concepto de recursos concurrentes en la creación de centros de investigación y desarrollo tecnológico, combinado con empresas de una misma rama económica, cámara industrial o sector, coordinados y administrados por las empresas participantes; éstas financiarán conjuntamente los gastos y podrán solicitar apoyo al Fidetc para la realización de proyectos en cuatro vertientes: investigación aplicada y desarrollo de tecnologías precompetitivas y tecnologías maduras; introducción y adaptación de tecnología; ingeniería inversa y mejoramiento de capacidades manufactureras en los productos y procesos del sector industrial y apoyo a la industria en consultas técnicas y servicios de ingeniería.

### *Programa de Enlace Academia-Industria*

Este Programa tiene como objetivo promover la participación del sector industrial en el financiamiento de programas para la formación de recursos

humanos, tanto a nivel de capacitación técnica como a nivel de posgrado. A través de él, con fondos concurrentes de la industria y del Conacyt, se apoyan programas de capacitación y de posgrado en áreas tecnológicas y la formación de recursos humanos que requiere la industria.

### *Programa de Empresas de base Tecnológica*

El objetivo de este Programa es promover la formación de nuevas empresas tecnológicas o apoyar innovaciones en empresas ya constituidas y que no puedan llevar a cabo el desarrollo tecnológico en las propias empresas. Para ello, las incubadoras proporcionarán servicios de albergue, gestión tecnológica, asesoría financiera, administración, mercado y capacitación empresarial.

Una vertiente de este Programa es el de empresas de integración o nodrizas, la cual consiste en la creación de empresas proveedoras de insumos, normalmente importados, que requieran las grandes empresas para la integración de sus productos. De esta forma, pequeñas empresas se benefician del manejo de normas, pruebas y control de calidad de las empresas contratantes e inmersas en la competencia global. Fidetec también puede apoyar este tipo de programas.

Las incubadoras de empresas tecnológicas están programadas para que sean autosuficientes, y el Conacyt sólo participa con "capital simiente" recuperable a partir de que la incubadora llegue a su punto de equilibrio.

### *Fondo para la Creación de Cátedras Patrimoniales de Excelencia*

Este Fondo tiene como principal objetivo la creación de diez cátedras patrimoniales de excelencia para investigadores sobresalientes por su labor académica en instituciones de educación superior e investigación, con recursos suficientes para asegurar el nivel de vida digno de un académico de reconocimiento nacional. Asimismo, se financiarán 15 cátedras para profesores visitantes para ser otorgadas a académicos sobresalientes, tanto nacionales como extranjeros, que deseen desempeñar su labor docente y de investigación en una institución mexicana durante un periodo de uno o dos años.

Este Fondo será un esfuerzo adicional a los que ya ha realizado el gobierno federal en materia de estímulos para los profesores e investigadores; los recursos presupuestales que se otorgarán a este Fondo durante 1991 ascienden a 40 000 millones de pesos.

### *Fondo para Retener en México y Repatriar a los Investigadores Mexicanos*

La creación de este recurso estará integrada a las acciones que emprenderá el gobierno federal a través del Conacyt, en materia de recursos humanos. Con este Fondo se buscará que instituciones de investigación incorporen, mediante la contratación, a investigadores de alto nivel residentes en México o en el extranjero, que no laboren permanentemente en una institución nacional de investigación o enseñanza superior, o a estudiantes de posgrado que estén a punto de concluir sus estudios en instituciones del país o del extranjero.

Para este Fondo, los recursos presupuestales que el gobierno federal destinará en 1991 ascienden a 30 000 millones de pesos.

### *Fondo para el Fortalecimiento de la Infraestructura Científica y Tecnológica*

Este instrumento tendrá como objetivo principal financiar la adquisición de equipos y materiales para fortalecer y renovar la infraestructura científico-tecnológica del país e impulsar nuevos proyectos de desarrollo tecnológico.

Para este Fondo, el gobierno federal destinará 100 000 millones de pesos y funcionará bajo el concepto de recursos concurrentes.

### *Fondo para Fortalecer el Programa de Becas*

Para dicho Fondo se asignarán recursos adicionales a los ya destinados a ese propósito por 30 000 millones de pesos.

En cuanto al aspecto financiero, de los fondos que se acaban de mencionar, se les están asignando inicialmente recursos del gobierno federal, y se fortalecerán con recursos externos, como los que actualmente se están negociando con el Banco Mundial y el Banco Interamericano de Desarrollo.

## EL IMPACTO DE LA PROBLEMÁTICA TECNOLÓGICA EN LA INDUSTRIA

Jesús Cevallos

Amigos universitarios, el recambio tecnológico es condición *sine qua non* de la modernización industrial y la posición de liderazgo de ciertos países en la economía mundial se debe a que lo han llevado a cabo en los últimos quince años. No por evidentes estas premisas dejan de tener profundo significado en esta época de intensa transformación mundial y nacional. Por tanto, acelerar el desarrollo tecnológico de México se convierte en uno de los factores básicos para el éxito en su nueva vinculación con los mercados mundiales.

La problemática tecnológica de México es grave. Nuestro rezago en esta materia tiene una explicación cuyas raíces son históricas: no hemos sido un país caracterizado por una iniciativa tecnológica ni hemos tenido una tradición de desarrollo tecnológico, menos aún en la actualidad, dada la rapidez con la que nuestro país se está vinculando con la economía industrial a escala internacional.

Nuestro rezago tecnológico no es gratuito; obedece al tipo de desarrollo que México adoptó durante siglos y que moldeó una ineficiente cultura productiva, que ahora debemos modificar.

Pesó mucho la colonización española por la orientación mercantilista del imperio en momentos en que en el resto de Europa ya se llevaba a cabo una revolución industrial. Esto determinó nuestra tardía incorporación al proceso industrial, a finales del siglo pasado.

Pesó la interrupción del proceso de industrialización por la revolución armada, que postergó la modernización.

Pesó que durante mucho tiempo adoptáramos una política de sustitución de importaciones, que subrayó nuestra tendencia a adquirir paquetes tecnológicos completos, es decir máquinas y técnicas con su *know how*, bajo la asesoría del vendedor de la tecnología.

Pesó la largamente sostenida política proteccionista, que indujo a la adquisición de tecnología útil, aunque en muchos casos atrasada y aun obsoleta. En ausencia de competencia con productos provenientes del exterior, disponibles en nuestro mercado más baratos y con mejor calidad, el costo tecnológico parecía intrascendente.

Pesó la orientación tradicional de nuestro sistema educativo orientado enciclopédicamente, sobre todo a nivel universitario, donde se privilegiaron las profesiones liberales tradicionales y se dejaron en segundo término las orientadas al conocimiento científico y tecnológico.

Pesó el divorcio que, por múltiples razones, se estableció entre los centros de investigación y las unidades productivas.

Pesó, en fin, una falta de visión empresarial industrial, aunada al hecho de que la cultura tecnológica nos vino de fuera, con las múltiples oleadas de migrantes de otros países de mayor desarrollo industrial y con la apertura a la inversión extranjera, en una época en la que los empresarios extranjeros acudían a México por su mercado, en una época que todavía no conocía la producción transnacionalizada de ahora.

Ahora bien, a este cúmulo de aspectos subyace otro de carácter cultural, que hoy resulta de la mayor importancia. Lo mismo entre la población trabajadora que entre los sectores empresariales prevalecieron tradiciones, valores y actitudes ante el trabajo escasamente favorecedoras a la innovación o a la inventiva. Es un lugar común afirmar que los mexicanos somos grandes improvisadores capaces de resolver cualquier problema con un alambrito. Sin que esto deje de ser cierto, tampoco significa que hayamos desarrollado la necesaria capacidad de iniciativa para inventar nuevas formas de hacer las cosas.

El problema es delicado. Nuestra tecnología ha sido importada. Nos ha sido transferida, pero no la hemos internalizado, adaptado ni complementado suficientemente. Tecnológicamente somos muy dependientes de lo que venga de fuera, en todos los sentidos de la palabra.

Al análisis pormenorizado de estos rezagos se le ha llamado el reto educativo y estar en capacidad para enfrentarlo con éxito supone, para empezar, un cambio de actitud generalizado ante el problema. Más aún hoy, cuando nos proponemos transformar radicalmente la dinámica tecnológica de la economía mexicana.

Los industriales estamos conscientes tanto de la magnitud de nuestra problemática como de la relevancia estratégica que ésta cobra a la luz de las duras condiciones que hoy nos imponen la globalización y la moderna competencia.

Es una realidad. El desarrollo tecnológico, eje de la respuesta de las grandes potencias a la crisis de los años setenta, les permitió adaptarse a las nuevas circunstancias de la globalización comercial y de la creciente competitividad en todos los mercados. El impacto de esta conducta cambió sustancialmente la estructura de la producción a nivel mundial, al instaurar la etapa de la producción compartida transnacionalizada, primero con la

maquila como punta de lanza y, más adelante, con una enorme variedad de procesos industriales en la mayoría de las ramas.

De ahí que durante esta transformación mundial hayan surgido países líderes en lo técnico, como centros organizadores de otros países que, si bien cuentan con ciertas ventajas comparativas atractivas a los mercados mundiales, como el bajo costo de su mano de obra, el acceso a ciertos recursos naturales, a insumos como la energía, o cercanía geográfica con algunos mercados, padecen de rezagos tecnológicos en diversos grados. La forma de relación entre los países líderes y los tecnológicamente rezagados ha dependido de las condiciones que los segundos fueron poniendo para el aprovechamiento de sus ventajas comparativas, como por ejemplo a través de las legislaciones que otorgan estados de excepción a las maquiladoras.

Los países líderes se abocan ahora al desarrollo de las tecnologías de punta, es decir, aquellas que tienen como objetivo lograr nuevos materiales, nuevos productos, nuevos satisfactores, y que al ser aplicadas a la manufactura de bienes, favorecen el incremento de la competitividad en los mercados mundiales.

Una serie de fenómenos actuales son ilustrativos del creciente valor de la tecnología, así como de su dificultad para compartirla: que la posición de los países en la economía mundial se haya relacionado directamente con el desarrollo de tecnologías de punta; que una parte de la crisis en la URSS se deba a su incapacidad para mantener el paso en el desarrollo tecnológico; que el rezago tecnológico de países como México o Brasil haya limitado su inclusión competitiva en la globalización, y por ende, impedido sostener su dinámica de ascenso mundial, y que la tecnología resulte vital para la organización de la producción, del comercio y de la acumulación de capital.

La tecnología es un bien tan valioso como escaso, a ello se debe la creciente resistencia mundial a transferirla y la tendencia a la protección intelectual. En estos tiempos, muchos piensan que hay que convertir a la tecnología en un servicio que proporcione un ingreso y por lo tanto no hay que transferirla. Ésta es una situación crítica.

Lo es, porque la tendencia de la reestructuración mundial en torno a integraciones regionales —como la que vinculará a México con los países del Norte mediante el Tratado Trilateral de Libre Comercio— observa una dinámica de especialización productiva y de servicios. Un país líder poseedor de *know how* o forma de hacer las cosas puede proporcionar tecnología a otros, pero la conserva en propiedad exclusiva y, al reciclarla a sus socios productivos, lo hace en papeles subordinados, como son los procesos maquiladores o de fabricación de insumos y componentes. Los líderes tec-



nológicos se reservan la agregación de valor en el proceso de ensamble o fabricación final.

Esta tendencia es muy digna de ser tomada en cuenta en México, frente a la eventual integración de nuestra economía con el liderazgo tecnológico de los países del norte de América, por nuestro rezago y porque no tenemos una actitud que se incline a la innovación y la inventiva.

La reestructuración mundial en torno a integraciones regionales y su consecuente dinámica de especialización productiva y de servicios es importante porque afecta muy profundamente a toda nuestra estructura industrial y podría poner en crisis a buena parte de ella.

Por supuesto esta tendencia puede ser perfectamente aprovechada por las empresas trasnacionales o por aquellas mexicanas fuertemente vinculadas con algún proceso de trasnacionalización productiva.

Es una tendencia que puede ser aprovechada por medianas y grandes empresas nacionales, pero que las orientará a vincularse muy profundamente con empresas extranjeras, lo que podría empujar a procesos de desnacionalización productiva relativa.

Es una tendencia que perjudicará a las medianas y pequeñas empresas, manufactureras de productos directamente para el consumidor, que nacieron y vivieron de la sustitución de importaciones, y que muestran el mayor rezago tecnológico. Tendrán grandes dificultades para competir con los artículos provenientes del exterior, elaborados con nuevas tecnologías, que ellas difícilmente pueden adquirir.

Es una tendencia perjudicial para la pequeña empresa, mucha de ella de carácter familiar y numéricamente preponderante en México, que ni siquiera se ha planteado el problema de la tecnología, y que más fácilmente puede estar destinada a desaparecer.

En este marco y frente a esta problemática industrial, es necesario definir claras políticas de desarrollo tecnológico que eviten que el rezago se convierta en uno de los factores fundamentales de una futura crisis de producción en México como consecuencia de nuestra participación en el Tratado Trilateral de Libre Comercio.

El problema es tan grave, que su solución seguramente nos llevará mucho tiempo, no obstante la eficiencia de las políticas que se apliquen. Y es que estamos llegando tarde al planteamiento de tales políticas; estamos ya discutiendo decisiones relativas a la formación del libre mercado del subcontinente entendiendo al desarrollo tecnológico como efecto y no como prerequisite.

Considerando la gravedad del problema tecnológico de México, la industria ha estudiado una propuesta de solución.

*Primero.* La innovación tecnológica es una respuesta a una necesidad. Por eso nunca ha dado resultado la investigación desde la torre de marfil, divorciada del aparato productivo. El papel del empresario es justamente asumir su iniciativa creadora para satisfacer necesidades. Un buen empresario industrial será aquel que descubra las necesidades y se proponga responder a ellas y, para lograrlo, innove. Por tanto, una primera política pública indispensable es aquella que empuje a las empresas a la innovación y no a la adquisición de tecnologías.

*Segundo.* La innovación es un costo mayor. Por regla general, la inversión necesaria para lograrla es muy grande. Destínense recursos a la innovación. Apóyese a la empresa que se proponga innovar a través de capital de riesgo y financiamiento preferencial.

*Tercero.* La innovación necesariamente se traduce en capacitación para quienes ejercen la nueva forma de hacer las cosas, lo que le confiere un beneficio social indiscutible. No sólo provoca desarrollo al impulsar el crecimiento productivo, sino adicionalmente transforma las capacidades, las habilidades y la mentalidad de la gente. Por tanto, apóyese socialmente a la innovación. Establézcanse mecanismos fiscales sólidos, fuertes, transparentes y efectivos para inducir la investigación.

*Cuarto.* El mundo avanza hacia la especialización. La innovación tecnológica será exitosa no tanto cuando se oriente a la competencia, es decir, a sustituir a otras tecnologías para hacer mejor y más eficientemente las mismas cosas, sino cuando encuentre sus nichos de desarrollo. Esa especialización está sustentada por tres elementos: los recursos naturales a la mano, las necesidades sociales y los objetivos productivos. Hágase una planeación del desarrollo industrial, concertada entre el gobierno y los particulares, para orientar la especialización e impulsar el desarrollo tecnológico de manera estratégica en las áreas convenientes.

*Quinto.* La innovación tecnológica tiene como base insustituible al desarrollo científico, que no se adquiere en las empresas sino en la escuela y en la universidad. Oriéntese a las universidades a la formación científica sólida de sus estudiantes y a la búsqueda de métodos para que ejerciten su aplicación en la innovación.

*Sexto.* Tampoco es posible descubrir el hilo negro. Necesariamente hay que importar, adaptar y mejorar tecnologías venidas de afuera, como base indispensable para el desarrollo. Vincúlese a los programas de capacitación científica y técnica de mexicanos en el exterior con las necesidades descubiertas por la industria y con la planeación del desarrollo industrial especializado. Apóyese al personal así capacitado para que se enfrente con la necesidad de aplicarse a la innovación.

*Séptimo.* En México los innovadores no han sido apoyados. En el pasado una serie de políticas equivocadas los orillaron a enajenar sus invenciones en el exterior, o les negaron la gratificación adecuada por su esfuerzo. En otros países se registra una tendencia cada vez mayor a la asociación entre el capital y los innovadores para comercializar empresarialmente su invento. Llévase a cabo un intenso programa de educación empresarial para los investigadores tecnológicos, que los induzca a la aplicación práctica de sus desarrollos. En este sentido resulta ejemplar el valioso esfuerzo que ya se está haciendo en las universidades para financiar a los institutos de investigación a través de proyectos concretos con las empresas. Es parte del camino, pero no amarremos en la burocracia universitaria a los investigadores. Alentémoslos a asumir la perspectiva empresarial.

En síntesis, los industriales vemos el problema del desarrollo tecnológico como un paquete concertado de planeación entre los académicos, el gobierno y los empresarios industriales, que debe comprender desde la planeación industrial y la política de financiamiento e inversión de capital de riesgo, pasando por la política de desarrollo tecnológico y la política educativa, hasta la capacitación empresarial de los tecnólogos, para que exploten comercialmente sus innovaciones y las conviertan en empresas.

La perspectiva tecnológica actual de México es preocupante porque se trata de un aspecto del desarrollo nacional que, si no es corregido, puede poner en serio riesgo el futuro.

# LA DIVISIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO Y LA REVOLUCIÓN CIENTÍFICO-TÉCNICA

Leonel Corona

## INTRODUCCIÓN

La revolución científico-técnica (RCT) surge de los cambios en las relaciones entre la ciencia, la técnica y la tecnología, cuando la ciencia alcanza un desarrollo tal que precede a la tecnología.<sup>1</sup>

La revolución científico-técnica, aunque es un cambio radical en las relaciones de la ciencia con la técnica y la producción, impacta económica, social, política y culturalmente al conjunto de las actividades humanas,<sup>2</sup> lo cual es resultado de que se desenvuelve en la sociedad en dos planos. Uno directo, respecto a su contenido, pues cambia las bases del *cómo* se produce en la sociedad, y el otro, indirecto, respecto a las formas institucionales que encauzan, restringen y regulan el qué de su desarrollo.

Ambos aspectos están contradictoriamente en cambio, y uno se define respecto al otro; así, por más espectacular que sea el avance del conocimiento en sí es su aplicación la que lo define como revolucionario cuando se afectan las bases productivas, pues en este caso se precisan cambios revolucionarios en las instituciones sociales hacia un nuevo marco regulatorio.

En el apartado 1 se presenta el aspecto determinantes de la RCT: la ciencia, ya que la tecnología es entendida como la técnica que se desarrolla con base en la ciencia. Por tanto, la tecnología depende en última instancia de los avances científicos.

En el apartado 2 se anotan las instituciones y procesos sociales que regulan los nuevos cambios, o la transición hacia los nuevos marcos institucionales: los fenómenos de la globalización económica, la interna-

<sup>1</sup> El término "revolución científico-técnica", RCT, es propuesto por J.D. Bernal a mediados de los cincuenta (*Science in History*, Londres, 1955; *World Without War*, 1958).

<sup>2</sup> La revolución científico-técnica, aunque producto de relaciones de explotación del hombre por el hombre, a diferencia de los progresos técnicos anteriores entra en contradicción con las mismas leyes económicas que la generaron, pues tiende a orientarse al desarrollo del hombre como fin en sí mismo, por lo que se integra y confunde con el desarrollo superior de las fuerzas productivas sociales (Richta, R. *La civilización en la encrucijada*, Madrid, Ayuso, 1974, p. 8).

cionalización del capital y los procesos de integración, los cuales forman parte de los cambios institucionales que enmarcan las posibilidades sociales de la revolución científico-técnica.

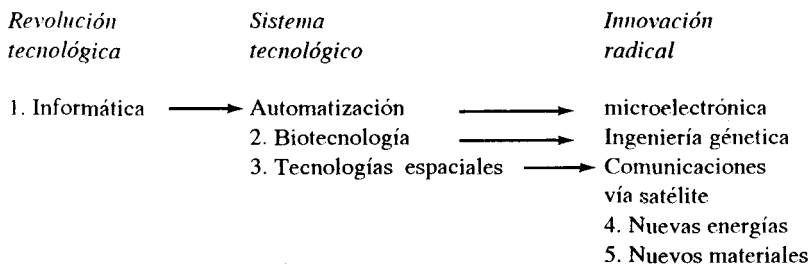
Por último, en el apartado 3 se anotan algunos criterios de la política para una inserción congruente de México, ante la división internacional del trabajo, en la región norteamericana.

## 1. EL ASPECTO DETERMINANTE DE LA RCT: LA CIENCIA

Las técnicas son los conocimientos aplicados en la producción y en general para la vida. Las técnicas se convierten en tecnologías cuando su desarrollo depende de los avances científicos, aun si éstos se refieren a conocimientos que no tienen en sí un propósito explícito de aplicación.

El cambio central en la RCT es la centralidad que toma el conocimiento científico, es la primacía de las tecnologías sobre el empirismo de las técnicas, que se alcanza con la institucionalización de la investigación y desarrollo a partir de apoyos estatales, en las mismas empresas productivas y en los centros de investigación.

Las nuevas tecnologías constituyen los conocimientos aplicables de frontera por lo que forman parte de la RCT, las cuales están relacionadas estrechamente con la investigación científica, por lo que se crean las llamadas "industrias científicas", como las de la (micro) electrónica, computación, biotecnología, aeroespacial, telecomunicaciones y teledetección, energía nuclear y nuevos materiales. El resultado de la aplicación científica aumenta la dinámica de los procesos de invención, innovación y difusión tecnológica.<sup>3</sup>



<sup>3</sup> La innovación es la primera vez que un invento es explotado comercialmente; sin embargo, aunque la innovación sea exitosa el proceso más importante es la rapidez con la que se difunde en otras empresas, y en el caso de productos su grado de penetración en el mercado.

Una característica de las nuevas tecnologías, derivada de su origen científico, es el aumento de sus efectos cruzados, es decir, que el desarrollo de una puede impactar a otras.

Sin embargo, la revolución científico-técnica, desde el punto de vista productivo, se basa principalmente en la microelectrónica, ya que permite la automatización integral.<sup>4</sup>

La RCT comienza donde termina la revolución industrial basada en el "principio mecánico": es decir, en la máquina-herramienta y en la descomposición del trabajo en tareas, o taylorismo. Cuando la división del trabajo en tareas en el proceso productivo alcanza el límite en que el trabajo directo es sustituido por dispositivos electrónicos, se logra la automatización del proceso de trabajo. Entonces, al ser separado el obrero del proceso productivo directo, el avance tecnológico se refiere a distintos grados de automatización, el cual culminaría con la automatización integral.

Dentro de dichos límites, la RCT comprende un conjunto de procesos donde priva el principio automático, el cual implica la cibernización, la retroalimentación de información mediante centros de control manejados por computadora. También son "automáticos" los procesos de "quimización" y los biotecnológicos. En el primer caso la propia materia prima es transformada de manera continua a partir del dominio de sus leyes internas. Los procesos "biotecnológicos" son automáticos por el dominio en la utilización de microorganismos para la transformación de la materia.

La creación de sistemas productivos implica la automatización. Tal es el caso de la integración de distintas fuentes y tecnologías "energéticas",

<sup>4</sup> Las nuevas tecnologías constituyen innovaciones radicales, como las energéticas y los nuevos materiales, o bien sistemas tecnológicos como la biotecnología y las tecnologías espaciales; sin embargo, la revolución tecnológica se alcanza solamente con la informática. En efecto, según Corona, L.:

1) Innovaciones *incrementales* son las mejoras sucesivas a las que son sometidos los productos y procesos.

2) Innovación *radical* se refiere a la introducción de un producto o proceso "verdaderamente nuevo"; es decir, es "una ruptura capaz de iniciar un rumbo tecnológico", lo que lleva a introducir nuevas ramas industriales (por ejemplo, la industria de equipo anticontaminante, o la de semiconductores).

3) *Sistemas tecnológicos*, conjunto de innovaciones interrelacionadas que impactan varias ramas del aparato productivo, encadenando varias innovaciones radicales (la "revolución verde" en la organización de la producción agrícola).

4) El mayor cambio se corresponde con las "revoluciones tecnológicas", las cuales afectan todo el aparato productivo. En este caso está la difusión de la microelectrónica (*México ante las nuevas tecnologías*, México, C.I.H. Porrúa, 1991).

mediante sistemas automáticos para la generación de energía eléctrica a partir de fuentes hidroeléctricas, nucleares, solares y otras.

En resumen, los cambios tecnológicos se sustentan en un cambio cualitativo donde la ciencia precede a la técnica y ésta a la producción. La ciencia se convierte en prerequisite del avance técnico y productivo, es decir en "fuerza productiva directa". Esto conlleva cambios en la división del trabajo, que se refieren tanto a la automatización de los procesos de trabajo como a las ramas productivas, o sea a la división social del trabajo.

### 1.1. *La nueva DIT: el sector de conocimientos*

El concepto de "división internacional del trabajo" (DIT) es frecuentemente utilizado para describir la localización de actividades económicas entre los distintos países de acuerdo con sus especializaciones productivas.

Los recientes cambios en la producción mundial se engloban bajo el rubro de una "nueva división internacional del trabajo" mezclando tanto el retorno de ciertas industrias a los países centrales como el redespiegue industrial hacia algunos países subdesarrollados.

La localización mundial de unidades productivas no puede reducirse a las diferentes especializaciones de productos sin dejar de considerar los cambios en la división social del trabajo y en los mismos procesos de trabajo.

Así, con la industrialización se exacerbó la división entre el campo y la ciudad, resultado de la división social del trabajo entre las ramas agropecuarias con las manufactureras, mientras que en la nueva DIT el sector de ciencia y tecnología adquiere especial importancia, lo que afecta la clásica división entre trabajo intelectual y manual.

Por ello es importante considerar dentro del concepto de DIT dos aspectos interrelacionados: "la división del trabajo", y su extrapolación internacional. En el estado actual de desarrollo de las fuerzas productivas el nivel internacional se ha convertido en el aspecto dominante al ser prerequisite para la misma división del trabajo. Dicho de otra manera, los cambios en la división del trabajo se logran a partir de cambios internacionales, como puede observarse en la rama automotriz o electrónica, pues las plantas de partes, de ensamble, distribución y consumo están localizadas mundialmente de acuerdo con la lógica de las empresas transnacionales.

El aspecto *determinante*, la división del trabajo, comprende tres niveles de agregación relacionados:

1. La división del trabajo en tareas, las cuales llevan a la definición de "oficios" ligados a habilidades y capacidades de trabajo específicas. Cons-

tituye la médula de la riqueza social, pues mientras que en la época feudal el trabajo artesanal fue el dominante, en la industrial es la especialización de los obreros de masa, y con la revolución científico-técnica se revaloriza el trabajo intelectual, científico y tecnológico.

2. La división social del trabajo que se corresponde con las *ramas* productivas diferenciadas básicamente en el sector I, de medios de producción, y el sector II, de medios de consumo. El proceso de industrialización implica el crecimiento y aumento de las ramas del sector I productoras de maquinaria y equipo.

Aunque la tecnología es demandada en ambos sectores, el vector de difusión del cambio técnico incorporado es el sector I, de tal suerte que la capacidad tecnológica depende en buena medida de las ramas de maquinaria y equipo y de la capacidad tecnológica internas.

3. La división funcional del trabajo entre las *fases* de circulación del capital permite distinguir el trabajo “directamente” productivo, y el “indirectamente”, o sea el relacionado con las fases del capital comercial y de circulación financiera. Es indirecto en la medida que no genera valor, aunque facilita su valorización mediante el aumento de la circulación del capital.

Por último, el trabajo “improductivo” se identifica con la producción de bienes y servicios de consumo “suntuario”, pues son las ganancias usadas para el consumo que no son reinvertidas.

En resumen, los niveles que integran la división del trabajo son:

1. Proceso de trabajo
  - artesanal;
  - manufacturero;
  - automatizado;
  - científico.
2. Ramas
  - Sector I: productor de maquinaria, equipo, instalaciones y materias primas.
  - Sector II: productor de los bienes de consumo final.
  - Sector CyT: sector de conocimientos científicos y tecnológicos.
3. Fases
  - trabajo directo productivo
  - trabajo indirecto
    - comercial
    - financiero (banca, crédito)



La división del trabajo se profundiza en los tres niveles señalados a partir de una historia de su desenvolvimiento. Por tanto, los países que no han logrado integrar en sus economías actividades que involucren el conjunto se enfrentan a capacidades productivas sociales truncadas. Sin embargo, no todos los truncamientos son iguales, pues dependen del grado de desarrollo de la división del trabajo y de la forma en que se encadenen sus especializaciones en el contexto internacional.

Se generan diferentes posibilidades y condiciones de estabilidad y riqueza económica según las tareas, ramas productivas o fases del capital en que el país o región participe en la división internacional del trabajo.

Además de la especialización en ramas productivas hay que tomar en cuenta las relaciones interindustriales y del ciclo de la acumulación productiva del capital para calificar la consistencia y estabilidad productiva de un país.

De manera general, cabe destacar tres criterios que permitirían calificar la consistencia de una economía en la situación actual de la DIT, con el fin de contar con una mayor capacidad de captación de excedentes: la seguridad de satisfacer los bienes básicos de subsistencia de su población, la capacidad de reproducir su planta productiva interna, y en particular la del sector de conocimientos, y la capacidad de inversión de sus circuitos de capital.

1] Respecto a las ramas, la prioridad está en los *bienes de consumo básico*, pues el elemento central de su propia riqueza es el hombre, medio y fin de la capacidad productiva social.

2] Con el desenvolvimiento del proceso de trabajo, desde el artesanal hasta el automatizado, se aumenta la capacidad productiva social, pero en todos ellos el aspecto central es contar con la capacidad *reproductiva* del proceso; es decir, tener la capacidad productiva y técnica para determinar la dinámica de su cambio. Así, la capacidad artesanal se reproduce sobre la base del aprendizaje, y de no contarse con él se pierden en la historia las capacidades productivas de múltiples oficios de importancia clave en la producción social familiar y comunitaria. Los procesos industriales no han contado con dicha capacidad reproductiva, pues dependen del exterior en maquinaria y tecnología; y para la automatización se ha seguido el mismo patrón.

Considerando la prioridad de los bienes de subsistencia debe contarse con los medios productivos, es decir la maquinaria, equipo e insumos industriales para la agricultura y los alimentos, la salud y la vivienda.

La dinámica de la capacidad productiva es función de los procesos de innovación y difusión de tecnologías. Son las actividades vinculadas con

este proceso, que incluyen la investigación y el desarrollo tecnológico, el nuevo centro de la dinámica económica mundial: *el sector de conocimientos*.

En este caso tampoco es suficiente contar con actividades científicas y tecnológicas, pues es necesario reproducir los insumos de la ciencia: la formación de científicos y tecnólogos, y los materiales, los equipos e instrumentos para la ciencia.

3] Las fases de circulación deben ser resultado de la dinámica de las ramas productivas, de otra suerte se llega a las decisiones aberrantes de cerrar plantas productivas, según reglas que surgen de una economía especulativa. Por ejemplo, vender las industrias para "invertir" el dinero en el banco por tasas de interés que se sitúan por arriba de las ganancias industriales.

Sin embargo, estas situaciones son expresiones de la crisis, al "desacoplarse" las distintas fases de la circulación de capital que se expresan en la separación de:

1. la economía de materias primas de la industria,
2. la no correspondencia entre la generación de empleos industriales y la actividad industrial, y
3. la separación entre la economía ficticia o de símbolos monetarios y financieros, con la producción de bienes y servicios.

En resumen, las perspectivas económicas para los países y regiones se correlacionan con su participación en el nuevo desdoblamiento de la DIT, que comprende la constitución del "sector de conocimientos" dentro de la fase del capital productivo, pero sobre todo su capacidad para reproducirlo.

Es decir, que a los insumos productivos clásicos del trabajo y de los medios de producción fijos (que incluyen herramientas, equipo y maquinaria e instalaciones), y medios de producción circulantes (materias primas y auxiliares), se agregan actividades de investigación y desarrollo, insumos indispensables para las llamadas ramas "intensivas de conocimientos".

## 2. CRISIS Y MECANISMOS DE REGULACIÓN DE LA RCT

La revolución científico-técnica inicia el desarrollo de sus elementos desde el periodo de entreguerras, las cuales, por la enorme destrucción de capitales, ofrecen condiciones para el auge sin precedentes de 1949 a 1967, periodo que se caracteriza por ser el despegue para estructurar a la ciencia como fuerza productiva directa y desarrollar los conocimientos técnicos

básicos de la automatización. Es decir, que con dicho ciclo “están dados los adelantos tecnológicos necesarios para una nueva etapa de auge” (Corona 81, p. 265).

El nivel de los conocimientos tecnológico no lleva necesariamente el desarrollo de los procesos de cambio, pues éstos son de tal magnitud que implican trayectorias institucionales de transición con crecientes contradicciones sociales. Aunque con la automatización de la producción surgen las bases aún incipientes para una nueva racionalidad económica basada en un sistema científico de la economía del tiempo —y por tanto un ahorro importante del trabajo social global—, en la situación actual el tiempo libre se distribuye de manera desigual, concentrándose en grupos hegemónicos y en los países industrializados.

Dada la hipótesis de contarse con el nivel tecnológico suficiente para el desarrollo de las fuerzas productivas, entonces los ejes de los cambios institucionales para dar cabida al desarrollo de la nueva división internacional del trabajo son las formas de competencia, que se refieren a las condiciones que regulan los flujos del capital en sus formas industrial, comercial y financiera a nivel internacional.

En efecto, se asiste a una globalización e integración donde la economía mundial se ha ido construyendo sobre dos procesos de internacionalización que se superponen y refuerzan: el que parte de las empresas transnacionales y la constitución de bloques regionales de naciones.

Los procesos de internacionalización de las empresas y de regionalización han creado el fenómeno de la mundialización o globalización basada en empresas oligopólicas a escala mundial en las que es difícil identificar una sola territorialidad —jurídica, económica o tecnológica— debido a numerosas interrelaciones e integraciones en las distintas fases productivas.

Las empresas con una estrategia mundial producen, distribuyen y consumen bienes y servicios organizados sobre bases y mercados mundiales. Ambos procesos se apoyan, pues “las empresas tienen necesidad de los estados para hacer frente a la mundialización y para mundializarse. Los estados tienen necesidad de las empresas mundializadas para asegurar la continuidad de su legitimación y de su porvenir en tanto que formaciones políticas y sociales locales”.

La competencia económica entre las empresas es también una confrontación entre los estados, aliados con las empresas donde las redes de acción y las alianzas son cada vez más mundializadas.

La formación de bloques de naciones tiene dos vertientes: los procesos regionales de integración, que se desarrollan entre los países industrializa-

dos y que incluyen o no países subdesarrollados,<sup>5</sup> y la de los países subdesarrollados, con objeto de plantear y superar problemas a partir de soluciones comunes.

Una pregunta abierta es el traslado de decisiones a los bloques económicos —donde puede privar la hegemonía de algunos de ellos—, los cuales quedan en el nivel de los estados nacionales, y cómo se relacionan con los ámbitos de los organismos internacionales y empresas mundializadas. Por tanto se está ante un incremento real y potencial de conflictos entre distintos niveles y espacios de acción.

Los grados de internacionalización son distintos en función, primero, de la DIT según se trate del proceso de trabajo, la rama en cuestión o las fases del capital, y, segundo, de las condiciones productivas de los países y regiones que participen en los procesos de integración.

Las diferencias de internacionalización entre los distintos elementos de la división del trabajo conlleva desajustes productivos y posibilidades especulativas. El mayor grado de internacionalización de las actividades financieras apoyadas en la telemática (telecomunicaciones y computación) permite el manejo integrado y mundial de los movimientos financieros y bancarios, nivel que no se ha alcanzado por ejemplo entre las actividades comerciales y productivas.

El grado de internacionalización del “sector de conocimientos” plantea un cambio cualitativo en la acumulación internacional del capital, lo que afecta las formas de concentración de poder mundiales en función de la participación de las economías nacionales en el mismo, actualmente concentrado en los países industrializados.

### 3. PERSPECTIVAS DE MÉXICO ANTE LA RCT

La crisis que se inicia en México en los ochenta puso de manifiesto la necesidad de prestar atención a aspectos productivos, entre ellos a las nuevas tecnologías.

Aunque varios análisis críticos permitían observar que dicha crisis estaba presente en México desde finales de los sesenta, se optó por medidas monetarias y financieras: el endeudamiento y el aumento del gasto público,

<sup>5</sup> Se ha tipificado el TLC en la región norteamericana como el primero que involucra a un país subdesarrollado. Sin embargo, desde el punto de vista de tratados de cooperación económica existen otros ejemplos, como la Convención de Lomé que involucra básicamente las excolonias de los países europeos en África, el Caribe y el Pacífico, los llamados países ACP.

entre otras. El retardo del estallido coadyuvó a pasar por alto la importancia que ya varios países (por ejemplo del Sudeste Asiático) daban a la adopción de políticas ante las nuevas condiciones de la denominada revolución científico-técnica.

Sin embargo, a pesar de ese tiempo perdido y las desventajas de una industrialización incompleta, el tránsito hacia una nueva DIT no está predeterminado, pues las nuevas bases productivas pueden ser adquiridas, ya que existen espacios económicos que pueden ser captados en función de las capacidades productivas, científicas y tecnológicas internas.

Considerando las propuestas del apartado anterior, a efectos de ponderar dificultades y posibilidades de la RCT para la situación actual de México, se requiere considerarlo ante los procesos de integración. Por tanto, es necesario estimar los cambios en la DIT ante su incorporación a la región norteamericana.

Para ello se consideran a continuación los criterios señalados en el apartado 1.1 para calificar la consistencia de su participación en la DIT, a saber: la producción de bienes básicos, la reproducción del sistema productivo, y la acumulación de capital.

1] El primer aspecto a considerar es la producción de los bienes básicos de la población: la alimentación, la vivienda y la salud.

Respecto a los alimentos, la agricultura tiene un papel primordial. Diversos estudios muestran que en México la acumulación de capital industrial se hizo en parte a expensas de los excedentes agrícolas. Hoy nuevamente la agricultura se verá afectada con el TLC, pues de no tomarse medidas se generarán sustituciones de cultivos alimenticios por el de productos de exportación.

Respecto a la vivienda y la salud, la infraestructura actual deberá ser fortalecida e incluso permeada a influencias productivas y organizativas que podrían favorecer sus niveles de eficiencia y eficacia.

2] Uno de los problemas centrales de la industrialización por sustitución de importaciones fue el no conjugar adecuadamente los sectores de bienes básicos con los del sector productor de maquinaria y equipo, resultando una industrialización trunca.

El incremento de las actividades de “maquila”, que aunque en general son industriales y por tanto productivas, se justifican dentro de la DIT por la utilización de habilidades manuales simples, escasamente relacionadas con un desarrollo de la capacidad tecnológica.

La alternativa debe ser la consolidación de un sector de conocimientos orientado a las áreas principales de su industrialización.

La infraestructura actual de investigación y desarrollo debe ser conso-

lidad e incrementada de manera sustancial, orientada a las áreas donde dichas actividades apoyan los procesos de innovación y difusión de tecnologías.

Sin embargo deben contemplarse sus condiciones reproductivas, pues la situación actual muestra que el sector de conocimientos es altamente dependiente del exterior, y de no tomarse medidas preventivas es probable que con el TLC aumente dicha dependencia. Así, los medios de producción científicos son actualmente casi en su totalidad importados, y en algunos casos se afecta la oportunidad de alcanzar resultados en investigaciones de frontera (caso de los semiconductores).

3] Los sectores financiero, de comercio y turismo deben ser considerados como complementarios de la acumulación del capital, pues no serían consistentes de no confluir con una producción industrial interna. Son desde luego de especial importancia las finanzas ligadas a las necesidades de acumulación de capital internas.

El comercio requiere de un enfoque que permita captar la importancia de una comercialización integral del crédito, sobre todo en los mercados internacionales.

También es necesario captar la demanda de una tendencia mundial de aumento del "tiempo libre", que se expresa, entre otros, en la demanda masiva de millones de turistas al año. La importancia del turismo estadounidense ha influido en las cuantiosas inversiones extranjeras en México en esta actividad.

Aunque estos servicios se verán favorecidos con el TLC, deben de ser integrados a una política industrializadora, de otra suerte se contará con un incremento de riqueza social limitado a su vinculación con los sectores directamente productivos.

Los lineamientos anteriores son ejemplos de la necesidad de desarrollar la integración de una economía con una industrialización consistente. Así, el desarrollo científico y tecnológico implica una vinculación estrecha con las políticas agrícolas, industriales, financieras y comerciales, como parte de una estrategia integral de desarrollo.

Por tanto, el TLC debe permitir negociar ciertas posibilidades que permitan revertir las condiciones actuales con miras a construir un núcleo dinamizador para insertarse firmemente y en provecho del futuro de México en la nueva DIT.

## LA POLÍTICA CIENTÍFICO-TECNOLÓGICA EN MÉXICO

**Adrián Chavero González**

La política científica expresada en forma institucional como parte de las funciones del Estado mexicano que pretendía impulsar el desarrollo económico del país se inició en México a partir de 1935 con la creación del Consejo Nacional de la Educación Superior y la Investigación Científica (Conesic). Surgió dentro de la concepción que el presidente Cárdenas tenía sobre el proceso de desarrollo económico del país, en donde a las actividades agropecuarias se les asignaba la función de alimentadoras de una industria nacional. El país enfrentaba diferentes problemas entre los cuales destacaban los siguientes:

1] Las secuelas de la crisis de 1929 que habían restringido sensiblemente el volumen comercial hacia el exterior, aunado al regreso de trabajadores migratorios.

2] Una cierta insatisfacción social por el raquítilo reparto de tierras producto de la reforma agraria no concluida.

3] La existencia de un grupo importante de peones acasillados en las haciendas.

4] Una industria poco desarrollada que casi no absorbía mano de obra.

Por lo tanto se requería una política que dinamizara la producción, y una de las medidas tomadas fue la creación del Conesic, que tenía como principal objetivo orientar a la investigación científica hacia la técnica de producción más moderna en los sectores agrícola, industrial y administrativo, aplicados al bienestar social. También se señalaba la disposición del gobierno orientada a la creación de institutos de investigación científica organizados para el estudio del mundo físico, de la vida vegetal y animal, y del hombre como ser social.

Es decir, que se contemplaba la idea que el general Cárdenas tenía del desarrollo del país, en donde el agro alimentaría a la industria con materias primas, enfocando toda la producción hacia el bienestar de la población. Sin embargo, las actividades del Conesic se centraron más en la creación de instituciones de enseñanza superior en el interior del país que en el impulso a la actividad científica.

En 1941 el presidente Ávila Camacho reformó al Consejo creando la Dirección General de la Educación Superior y la Investigación Científica,

posteriormente la Dirección mencionada se transformó en la Comisión Impulsora y Coordinadora de la Investigación Científica (CICIC).

En esos momentos se pensaba en una industrialización acelerada que pudiera cubrir la demanda exterior de productos debida a la segunda guerra mundial; por lo tanto, la política económica del país se orientó hacia el llamado "progreso industrial" como punto clave y a la actividad científica se le consideró como un mecanismo básico de estímulo al proceso industrial.

Los objetivos básicos de la CICIC fueron dos:

- 1] La formulación de programas de investigación.
- 2] El fomento de la investigación científica.

Para cumplirlos se dividió el campo de estudios en cinco áreas: físico-matemáticas; biología; geología; química, y ciencias aplicadas.

Durante los nueve años de su funcionamiento la CICIC contribuyó a la formación del personal de investigación mediante el otorgamiento de becas en instituciones nacionales y del extranjero. Fomentó la creación de laboratorios de investigación en organismos estatales y universitarios. Coordinó programas de investigación en el sector público y sirvió además como puente entre instituciones de enseñanza superior y el gobierno, tratando de involucrar en sus acciones a los miembros de la empresa privada agrupados en las cámaras industriales; sin embargo, su actividad nunca rebasó los límites del Distrito Federal.

En 1950 se creó el Instituto Nacional de la Investigación Científica (INIC) con los mismos objetivos que el organismo que le había precedido; sin embargo, en el discurso oficial que fundamentaba su creación ya no se expresaba la filosofía contenida en el enfoque de la utilización científica encaminada al bienestar social.

Durante el periodo presidencial de López Mateos se reforzó la ley de creación del INIC, restándole de sus atribuciones la realización de investigaciones. A pesar del interés por la ciencia y la tecnología que en su momento manifestaron los gobiernos de Alemán y López Mateos, se puede observar que el presupuesto para el INIC no tuvo cambios sustanciales. Además, el organismo como tal no presentó grandes modificaciones en los puestos de sus directivos, que permanecieron en el INIC durante los veinte años de su existencia.

Después de la reforma de 1961, tres fueron las tareas básicas que realizó el INIC:

- 1] El otorgamiento de becas.
- 2] El subsidio a publicaciones científicas.
- 3] Subsidios aislados a la investigación y a la docencia.



Por último realizó un inventario nacional sobre ciencia y tecnología que se presentó con varias conclusiones, entre las cuales se encontraba la recomendación de crear un Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Encontró, también, que en el momento del inventario había 222 instituciones de investigación y detectó que había existido un crecimiento exponencial de centros de investigación a partir de 1950. Sin embargo el número de investigadores registrados fue de 6 069.

En el discurso político se abordó el tema del desarrollo científico considerando que la capacidad de generar, difundir, asimilar y adaptar conocimientos científicos y tecnológicos constituye un factor determinante para el desarrollo de un país, así como un medio eficaz para inducir el cambio estructural, que consiste en la modificación y modernización de las variables productivas, la habilitación de la mano de obra y la reorientación del aparato productivo en todas las fases de su proceso.

En diciembre de 1970 se crea por ley el Conacyt, con funciones más amplias que las de los organismos precedentes; por ejemplo, se menciona que es un organismo descentralizado que depende directamente de la Presidencia de la República y asesora al gobierno mexicano en materia de ciencia y tecnología.

Como parte de las acciones emprendidas a raíz de la creación del Conacyt y con la finalidad de apoyar el desarrollo científico y tecnológico se tomaron las siguientes:

- Fortalecer la investigación básica, la aplicada y la tecnológica.
- Canalizar recursos y
- Promover acciones conjuntas con las diferentes instituciones que realizan investigación tanto en el sector público como en las instituciones académicas y los demás centros de investigación fuera de los dos subsistemas anteriores. Todo ello en coordinación con los usuarios de la ciencia y la tecnología. Dicho organismo ha logrado algunos avances trascendentes, ya que bajo su responsabilidad se situaron bastantes proyectos de investigación que se desarrollaron en el país.

Entre las funciones asignadas al Conacyt se encuentra la distribución del gasto presupuestal canalizado a ciencia y tecnología, para lo cual se sirvió de las direcciones adjuntas de Desarrollo Científico (DADC) y de las direcciones adjuntas de Desarrollo Tecnológico (DADT), otorgando a cada una de ellas presupuesto según las "Prioridades nacionales" existentes, señaladas por la política gubernamental. Como un reflejo de ello, en 1983 el presupuesto asignado a la DADC representó el 21 %, mientras que a la DADT correspondió el 17.9 %. Para 1984 esta relación se invirtió, pues se asignó el 21.5 % a la DADT y el 19.3 % al área científica. Lo anterior como una

tendencia a canalizar los apoyos de manera exclusiva a través de los programas indicativos.

De los aspectos más sobresalientes de la actividad del Conacyt pueden resaltarse la creación y apoyo a algunos centros de investigación en diferentes partes del país. El otorgamiento de un considerable número de becas, además del apoyo a la realización de proyectos de investigación. Se le han señalado como defectos la burocratización excesiva y la falta de un plan de trabajo a largo plazo. Sin embargo, estas características corresponden a las del aparato administrativo de la nación, y no son exclusivas del funcionamiento del Conacyt.

La estrategia que el gobierno mexicano ha seguido en materia de ciencia y tecnología puede resumirse en lo siguiente: empezó enfrentando la situación según las exigencias del momento, pero en el lapso comprendido entre 1971-1973, a través del Conacyt concertó las acciones de los diferentes elementos del sistema nacional de ciencia y tecnología realizando proyectos específicos en los que se buscaba vincular a la investigación con la problemática nacional. Una segunda etapa puede ubicarse desde fines de 1973, cuando se decide impulsar el establecimiento de programas indicativos, de los cuales hubo 13 dirigidos hacia áreas y problemas de interés nacional que tuvieran como metas: a] un mejoramiento en la calidad de la vida; b] el mejoramiento en la producción de bienes y servicios, y c] el mejoramiento de la infraestructura del sistema nacional de ciencia y tecnología.

Después de 1976 se intensificó la concertación de convenios internacionales sobre ciencia y tecnología con resultados poco conocidos, los cuales habría que analizar en otro momento. También se creó el programa de "Riesgo compartido", que contemplaba el apoyo a proyectos tecnológicos en un 50% del costo en las empresas grandes y hasta un 75% del costo en empresas pequeñas.

Con anterioridad (durante julio de 1974) el gobierno había solicitado al Conacyt un "plan nacional indicativo de ciencia y tecnología", el cual se presentó en 1976, que con el cambio de administración quedó sin efecto, pues se dijo que no obedecía a las necesidades del país. La nueva administración pidió la elaboración de otro documento que se conoció como el "Programa Nacional de Ciencia y Tecnología 1978-1982", en el cual no se tomó en cuenta el plan anterior, ni siquiera como diagnóstico.

El periodo presidencial iniciado en 1982 también elaboró su propio plan, en este caso se denominó "Programa Nacional de Tecnología y Ciencia" (Prondetyc) 1984-1988, que resultó notable por la precisión del diagnóstico establecido. Este programa se inscribió dentro del Plan Nacional de Desarrollo 1982-1988, que incluyó 17 programas orientados a fortalecer

la infraestructura y la capacidad nacional en investigación científica del Conacyt y de otras entidades y dependencias de la administración pública.

También en 1984 se formó otro organismo, creado ante la necesidad de responder a una de las causas principales de la emigración de los científicos mexicanos al extranjero —el bajo nivel de los sueldos—, mediante el otorgamiento de becas a los investigadores, previamente evaluados por grupos de expertos. El objetivo perseguido por el Sistema Nacional de Investigadores (SNI), sin duda representa un gran avance; aunque incompleto dentro de la política financiera aplicada a la ciencia y a la tecnología en los últimos años.

Sin embargo, en cuanto a financiamiento el problema de fondo subsiste, ya que si el presupuesto otorgado no es suficiente, difícilmente se podrán lograr los objetivos planteados. Esto se puede constatar en la realidad; por ejemplo: México no ha llegado a asignar el 0.6% del producto interno bruto dedicado a la investigación científica y tecnológica que ha recomendado la Unesco a sus asociados, entre los que figura el país. Para 1985 la cantidad dedicada fue de 154 000 millones de pesos. Lo anterior, disminuido por la baja en el poder adquisitivo de la moneda nacional que, en consecuencia, aumenta las condiciones precarias en las que se desarrollan la ciencia y la tecnología en México, en donde existen no más de 10 000 científicos, aproximadamente, o sea uno por cada 10 000 habitantes, cuando la cifra requerida para lograr un crecimiento aceptable debería llegar por lo menos a 35 000 científicos o sea, 5 por cada 10 000 habitantes.

Por lo que respecta al sector privado, las empresas, acostumbradas a importar la tecnología por resultarles de menos costo, se han mostrado reacias a compartir los gastos en el financiamiento de proyectos que pudieran beneficiarles, a pesar de que el gobierno ha establecido estímulos fiscales. Las plantas industriales no se habían interesado en arriesgar sus ganancias en tareas de resultados inciertos.

La investigación en el sistema de enseñanza superior pública registra ciertas carencias en la realización de sus programas y trata de enfocar su atención a programas indicativos, siguiendo la política de atender a las prioridades en investigación básica y dejando de lado algunas áreas de la ciencia consideradas no prioritarias, que si bien no redituarán beneficios a corto plazo es de esperarse ventajas en el largo plazo. Por ejemplo: aquellas investigaciones destinadas a la ingeniería genética; los proyectos de experimentos espaciales; la geofísica, y las ciencias del comportamiento que pudieran ayudar a una homogeneización cultural del país.

Reconsiderando los hechos: en México, como en otros países subdesarrollados, la ciencia y la tecnología se han mantenido a la zaga no sólo de los avances de punta realizados en los países altamente industrializados, sino incluso en relación con las necesidades específicas del país. Por supuesto, existen una multiplicidad de causas que abarcan desde los niveles educativos en el país hasta la insuficiencia de infraestructura, como laboratorios y equipos de investigación, materiales de trabajo y reactivos, además de la escasa protección jurídica para la autoría en los descubrimientos tecnológicos y científicos.

Un factor fundamental en el retraso de la ciencia y la tecnología en México ha sido el escaso o casi nulo financiamiento de la empresa privada, que ha encontrado mucho más rentable adquirir la tecnología en el mercado internacional que financiar proyectos de investigación con resultados que considera inciertos y con factibilidad financiera a mediano o largo plazo.

En ese contexto resulta evidente que se tienen que realizar enormes esfuerzos para acortar la distancia que separa al país de los países altamente industrializados, para lo cual se ve como situación favorable: que en los últimos años se observa una orientación en los centros e institutos que otorgan cierta preferencia a la investigación relacionada con los problemas nacionales, y que como resultado precisamente de esos lineamientos se han dado algunos avances importantes en campos específicos como la medicina, la energía y la biotecnología, e incluso han merecido distinciones y reconocimientos entre la comunidad científica internacional.

#### LA POLÍTICA CIENTÍFICA EN LA UNIVERSIDAD

La política de investigación en la Universidad se orienta básicamente hacia el logro de una producción de excelencia que enfatiza bastante los aspectos axiológicos, desde el planteamiento del problema hasta la obtención de resultados en la planta piloto, o la publicación de los resultados; sin embargo, no se sabe que la Universidad en su conjunto o el investigador en lo particular participen de su creación en la siguiente etapa del proceso, la cual estaría representada por la producción a escala industrial o la toma de decisiones en su caso.

El Estatuto General de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) señala expresamente, en concordancia con la Ley Orgánica de 1946 que dio origen a la Universidad como organismo descentralizado del Estado mexicano, que la función de la institución en cuanto a orga-

nización y realización de investigaciones se debe orientar principalmente al análisis de las condiciones de problemas nacionales. Con ese fin la UNAM cuenta con un grupo de investigadores dedicados casi exclusivamente a esa labor, pues la carga docente es mínima debido a que en el Estatuto no se establece el otorgamiento de grados en los institutos dedicados a la investigación.

Para cumplir con sus fines de investigación y obedeciendo a las necesidades que en su tiempo había que cubrir, así como a la serie de problemas por resolver, nacidos también de la inquietud de algunos estudiosos que tenían contacto con la investigación que se realizaba en el exterior, fueron surgiendo grupos de trabajo que se consolidaron como centros de investigación y posteriormente en institutos que cultivan alguna ciencia. De ese modo se ha integrado un subsistema de investigación, para el caso de la UNAM, dividido en dos grupos: uno formado por las ciencias exactas y naturales que incluye 15 institutos, ocho centros de investigación y cuatro programas, y el otro por la investigación humanista, que cuenta con nueve institutos y seis centros de investigación. En el subsistema de investigación de la UNAM se realiza la investigación que más impacta a la sociedad mexicana debido a la difusión y a las publicaciones que surgen de ella. La productividad de la UNAM como institución de investigación es la más alta del país; por ejemplo, por número de proyectos en proceso durante 1984 realizó el 17%, con 10% del personal de investigación.

En las instituciones de enseñanza superior del resto de la República se ha iniciado en condiciones bastante precarias la tarea de investigación, con resultados de considerable calidad en algunos casos, pero que tienen como característica general la inquietud por abordar con fines prácticos la problemática regional de su medio o contorno geográfico. Puede observarse que por razones propias de su desarrollo aún son escasas las aportaciones teóricas, y que los trabajos presentados son sobre todo de carácter empírico.

Como lineamientos de política de investigación, estas instituciones han manifestado a través de sus diferentes autoridades, cuerpos colegiados y grupos de investigación que su tarea está comprometida con la sociedad de la cual forman parte, y definen el rumbo o el sentido de su actividad señalándole como objetivo el lograr un proceso que acelere la producción de bienes y servicios, así como la obtención del conocimiento en beneficio de las clases mayoritarias del país. Todo esto, afirman, debe adquirirse sin menoscabo del fin primordial de la ciencia, a la que se señala como patrimonio universal.

## INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y ENSEÑANZA SUPERIOR

La investigación científica de la Universidad y los productos que genera no son conocidos y aprovechados por los estudiantes hasta el momento de su publicación. Durante el proceso de investigación el proyecto abordado tiene escasa repercusión en la enseñanza, debido a que la mayoría de los académicos son profesores de asignatura, dedicados al ejercicio profesional en mayor medida que a la investigación o a la docencia de tiempo completo.

Los investigadores de la Universidad que imparten alguna materia a nivel de licenciatura son escasos. También debe mencionarse que no existen en número suficiente los manuales o textos metodológicos que orienten al alumno hacia el campo de la investigación.

En las divisiones de estudios superiores mejora bastante la enseñanza en el aspecto de la metodología enfocada hacia la investigación. El número de maestros dedicados a la docencia de tiempo completo es casi total y su calidad es bastante aceptable. Por otro lado, los alumnos realizan algunas investigaciones por las cuales acumulan créditos en sus currículos, además de la investigación que tienen que presentar para la obtención de su grado.

Sin embargo, el problema que se presenta por la falta de un método científico debería resolverse desde la licenciatura, ampliando el tiempo de aprendizaje en los talleres y los seminarios con el objeto de aprender a investigar, haciéndolo en problemas o temas concretos. La cobertura legal o institucional puede darse a partir de los mecanismos establecidos por los diferentes consejos técnicos de las facultades universitarias. Tal proceso revitalizará la vida académica y elevará la calidad de la enseñanza.

## POLÍTICA CIENTÍFICO-TECNOLÓGICA Y SECTOR PRODUCTIVO

La falta de políticas claras para encauzar el desarrollo científico ha tenido como resultante que cada institución o cada investigador oriente su actividad según su muy particular forma de concebir la problemática de su tema de investigación, lo cual se encuentra en concordancia con la libertad de investigación que sustenta la autonomía universitaria. De ahí que la actividad científica se haya centrado más en los problemas metodológicos y axiológicos de la investigación que en los objetivos puestos en el interés mayoritario o en la evaluación que contemple e implemente los mecanismos adecuados, además de los canales que permiten aplicar la innovación científico-tecnológica al sector productivo, el cual, por su parte, reúne ciertas características estructurales que hacen bastante difícil la aceptación de

innovaciones. En algunos casos, esto sucede porque la planta productiva es filial de una trasnacional y en otros porque le resulta aparentemente menos costoso comprar el paquete tecnológico en el exterior, sin considerar que por ese hecho su planta tendrá un nivel de obsolescencia que la arrojará del mercado a mediano o corto plazo y que por ese camino nunca tendrá un nivel de competencia aceptable en el mercado interno.

Una forma de integrar la actividad científica del sistema de enseñanza superior con el aparato productivo y con la realidad nacional puede lograrse por medio de convenios y de programas interinstitucionales con aquellos grupos de la población que no tienen acceso a los beneficios de la ciencia y la tecnología, o con unidades productivas en programas de investigación y desarrollo tecnológico.

La Universidad ha creado una serie de programas como el Programa Universitario de Alimentos y el Programa Universitario de Energéticos, en los cuales se analizan los temas planteados desde una perspectiva multidisciplinaria. También se observa como tendencia la cooperación entre algunas instituciones en la organización de eventos o reuniones científicos de alto nivel, con el objeto de optimizar recursos.

Un objetivo básico de política científica y tecnológica debe señalar sin ambigüedades el mejoramiento en la calidad de vida de las mayorías nacionales. La inversión canalizada a ese fin tiene que sentirse obligada con el contexto social que lo ha conformado y del cual es un producto resultante; por lo tanto, además de sus aportaciones en el campo universal de la ciencia, y sin permitirse que se lesione aquella autonomía necesaria para la creación del conocimiento, tiene que abordar la problemática objeto de un estudio en una perspectiva tal que concurra a la solución de problemas a corto, mediano y largo plazo en las estructuras productivas, sociales y culturales.

La producción científico-tecnológica concebida como un proceso se debe orientar hacia objetivos que no estén en función de criterios eficientistas o que sólo contemplen como meta el logro de un alto volumen de la producción, sino que debe encontrarse la conexión entre la investigación terminada y su aplicación a escala industrial. Sin embargo, durante el proceso de investigación, quizás desde el planteamiento del problema y al concretar los objetivos, debe señalarse claramente, a fin de evitarlos, aquellos problemas que surjan durante el proceso industrial, de tal modo que no se dejen residuos negativos en el entorno físico o en el social.

La actividad científica en sus aspectos tanto de desarrollo científico como tecnológico es una tarea que por la máxima concentración de trabajo acumulado incide en plazos relativamente cortos sobre los procesos de producción, distribución y consumo; por lo tanto, resulta alentador que la com-

pleja problemática económico-social del país tenga una amplia gama de respuestas por parte de la planta académica de la Universidad, lo cual puede constatare revisando el nada despreciable número de investigaciones terminadas y que se han publicado tanto en libros como en revistas especializadas que se editan en la Universidad y fuera de ella. Sin embargo, en las actuales circunstancias críticas debe reorientarse la actividad científico-tecnológica de la Universidad, sin descuidar el equilibrio que debe guardarse entre investigación básica e investigación aplicada, además de plantear soluciones multidisciplinarias.

### LA POLÍTICA DE CIENCIA Y MODERNIZACIÓN TECNOLÓGICA<sup>1</sup>

Los avances y logros obtenidos por el sistema de investigación dentro de la política de modernización del aparato productivo, así como su financiamiento, fueron enunciados por parte del sector público en el Segundo Informe de Ejecución del Plan Nacional de Desarrollo.

Cualquier área de investigación que reciba impulso para su desarrollo, siempre impactará el nivel de la producción; por lo observado, de los apoyos otorgados a diferentes proyectos de investigación durante 1990 y 1991 puede deducirse: 1] que el financiamiento se ha canalizado hacia grandes empresas aunque se menciona que también a medianas y pequeñas, de donde puede inferirse que se tuvo como justificación la factibilidad de una recuperación más o menos segura del monto invertido; 2] que los apoyos financieros fueron proporcionados básicamente para proyectos tecnológicos ubicados sobre todo en los sectores industrial y de servicios, y algunos para desarrollo agropecuario, y 3] que aparentemente no se han contemplado en el financiamiento proyectos multidisciplinarios en los cuales se aborde el problema desde diferentes enfoques, incluso desde la perspectiva de las ciencias sociales, con el objeto de no dejar residuos negativos tanto a la sociedad en su conjunto como al medio ambiente, el cual se ha deteriorado en proporción directa al crecimiento industrial. Tal fenómeno se ha observado a nivel mundial, independientemente del sistema político en el cual se registra el avance del proceso de industrialización.

Indudablemente que la escasez de recursos obliga a establecer prioridades, y en este sentido algunas de las áreas que en el futuro pudieran privilegiarse serían las ciencias exactas, médicas y agropecuarias; la biotec-

<sup>1</sup> Véase "Segundo Informe de Ejecución del Plan Nacional de Desarrollo 1989-1994", 3a. parte, en *El Mercado de Valores*, núm. 11, 1 de junio de 1991, pp. 27-30.



## Cuadro 1

GASTO EJERCIDO DEL GOBIERNO FEDERAL EN INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA  
Y DESARROLLO TECNOLÓGICO, 1989-1990  
(millones de pesos)

<i>Sector</i>	<i>1989</i>	<i>1990<sup>1</sup></i>
Total <sup>2</sup>	1 395 912	1 841 775
SRE	396	545
SARH	352 733	237 957
SCT	83 899	19 001
Secofi	3 395	14 512
SEP	370 215	764 952
SSA	49 209	71 823
SM	489	7 012
Sepesca	13 684	22 612
Sedue		19 635
Semip	302 323	389 037
SPP	219 003	293 289
PGR	566	1 400

<sup>1</sup> Presupuesto original.

<sup>2</sup> En 1990 no incluye presupuesto para incremento salarial.

FUENTE: Secretaría de Programación y Presupuesto.

## Cuadro 2

PROYECTOS CIENTÍFICOS Y TECNOLÓGICOS APOYADOS  
POR EL SECTOR EDUCACIÓN, 1990

<i>Institución</i>	<i>Número</i>
Total	7 008
SEP	1 296
UNAM	3 293
IPN	791
Cinvestav	445
UAM	1 092
Cosnet	91

FUENTE: Secretaría de Programación y Presupuesto.

nología; la investigación de energéticos, y la ingeniería aplicada, ya que son campos en donde se tiene experiencia y en los cuales se han obtenido resultados satisfactoriamente tangibles. Todo lo anterior sin descuidar el resto de la investigación en las diferentes áreas del conocimiento, puesto que para la solución precisa de un problema se requiere del concurso de todo el conocimiento científico-tecnológico.

Con el objetivo de integrar el subsistema de investigación con el aparato productivo, el Conacyt aplicó una serie de medidas de política científica para reorientar a la actividad científico-tecnológica del país. Tales medidas representan un cambio radical en su género y se inscriben dentro del esquema general enmarcado en el Plan Nacional de Desarrollo 1989-1994, que pretende la modernización de las estructuras productivas a través de la liberalización y reorientación del aparato productivo. Que para el caso del desarrollo en ciencia y tecnología se requiere dejar un mayor peso al financiamiento del sector privado.

#### EFFECTOS PROBABLES DEL NUEVO MODELO DE FINANCIAMIENTO

Como efecto de la liberalización de la economía mexicana en todos sus aspectos se ha pensado que la escasez de recursos aplicables a la investigación encuentre una salida en el cofinanciamiento por parte de los demandantes o usuarios directos de la ciencia y la tecnología. El gobierno federal, que había soportado el costo casi total de la actividad (en un 97%) decide que deben ser las unidades productivas quienes asuman los costos y los riesgos.

Las implicaciones que surgen de esta medida de política económica son de múltiples consecuencias: en el aspecto del conocimiento resulta previsible el relativo abandono de la investigación pura o básica, que se verá restringida a los campus universitarios. En la misma situación se encontrará gran parte de la investigación teórica y la investigación en las ciencias sociales y las humanidades.

En los dos primeros casos porque los resultados de aplicabilidad a la producción no son de efectos inmediatos, y en el caso de las ciencias sociales, que estudian el comportamiento de grupos o entes sociales, sólo podrían financiarse estudios que contemplen la ampliación del mercado, las pautas de comportamiento para introducción o reforzamiento en el consumo. También se observará el financiamiento a investigaciones a través de fundaciones u organizaciones sostenidas con aportaciones privadas deducibles de impuestos.

La investigación aplicada sólo será financiada en aquellas áreas que tengan posibilidades reales de inserción en la producción. En el caso del desarrollo experimental y casi toda la investigación en tecnología no tendrá la difusión y menos aún la divulgación hacia el público, debido a la reserva que se guardará por el "secreto industrial" propio de los procedimientos y hallazgos patentados. Las empresas que puedan financiar la investigación buscarán la conveniencia de seleccionar dentro de la industria manufacturera y en el sector servicios una serie de líneas de producción, que obviamente requerirán de una alta concentración de capital en la inversión canalizada a la producción, con alto nivel tecnológico en productos o servicios especializados, que no enfrenten a corto ni a mediano plazo la competencia de la producción con tecnologías sofisticadas ya existentes o emergentes en los países altamente industrializados con los cuales resultaría muy difícil no sólo la superación del producto, sino incluso la competencia en el mercado mundial.

Por lo tanto se tratará de lograr el mejoramiento de la producción actual buscando las formas de introducirse al mercado exterior, idealmente diferenciando el producto o el servicio para aprovechar las ventajas comparativas debidas a la variedad de climas del país, así como a su situación geográfica, reforzándolos con una continua superación del producto, un rígido control de calidad y el permanente abatimiento de los costos de producción.

La introducción del nuevo tipo de financiamiento en la investigación registrará ritmos desiguales, según el monto de la inversión de la planta productiva puede decirse que los efectos en la producción no serán de impacto instantáneo; sin embargo, sí se afectarán a mediano plazo los patrones de consumo, los niveles de ingreso personal —que dependerán de las habilidades técnicas de la población— y también las relaciones laborales en casi todos los niveles. En el aspecto de la formación de recursos humanos se reorientará el contenido de los currículos escolares, buscando la actualización que conduzca a elevar productividad y eficiencia dentro del nuevo esquema de producción.

Como efecto de las restricciones presupuestales para la actividad científico-tecnológica se observará que las publicaciones con resultados de investigaciones tenderán a ser cada vez menos numerosas, sobre todo las de ciencias sociales, lo cual repercutirá negativamente en el rezago cultural de la nación en su conjunto, ahondando aún más los desniveles de conocimiento entre los diferentes segmentos de la sociedad mexicana.

Como consecuencia de los nuevos programas que se han creado para fortalecer las actividades científico-tecnológicas puede esperarse un aumento

a corto plazo de la producción industrial en las áreas seleccionadas, además de un fortalecimiento a mediano plazo en la formación de los recursos humanos de alto nivel. Todo esto, con la condición de que el financiamiento sea sostenido y no forme parte de una medida política transitoria y limitada solamente a las grandes corporaciones, sino que en el futuro se extienda aún más hacia sectores atrasados técnica y tecnológicamente, pero que se encuentren en condiciones de recibir —como insumo eficaz— el conocimiento científico-tecnológico con una aplicación multidisciplinaria, lo cual tenderá a modificar los volúmenes de la investigación tecnológica, que habían mostrado tasas decrecientes en comparación con la investigación científica, misma que a pesar de todos los problemas de financiamiento registrados había logrado crecimientos sostenidos. Y el acervo logrado de investigación científica, sobre todo en el nivel de básica o pura, permanece como una reserva susceptible de utilizarse como elemento del conocimiento tecnológico.

#### BIBLIOGRAFÍA

- Conacyt. *Programa Nacional de Ciencia y Modernización Tecnológica 1990-1994*, México, Conacyt, SPP, 1990.
- Dirección de Diagnóstico e Inventario del Sincyt. *Estadísticas básicas derivadas del inventario de instituciones y recursos dedicados a las actividades científicas y tecnológicas en el subsistema de investigación*, México, Conacyt, marzo de 1987.
- Edmundo Flores *et al.*, *La ciencia y la tecnología en México*, México, Conacyt, 1982.
- Nora Lustig *et al.* *Evolución del gasto público en ciencia y tecnología, 1980-1987*, México, Academia de la Investigación Científica, marzo de 1989.
- Poder Ejecutivo Federal, *Programa Nacional de Desarrollo*, 1983-1988, México, 1983.
- Poder Ejecutivo Federal. *Programa Nacional de Desarrollo Tecnológico y Científico 1984-1988*, México, 1984.
- “Segundo informe de ejecución del Plan Nacional de Desarrollo (3a. parte), *El Mercado de Valores*, 1 de junio de 1991, pp. 27-30.

## INNOVACIÓN TECNOLÓGICA Y PROCESOS DEL TRABAJO

Luis E. Gómez Sánchez

La modernidad como horizonte de nuestro tiempo ha envejecido, tan es así, que nuevas disciplinas aparecen hacia su ocaso; la arqueología industrial, por ejemplo, nos demuestra que el modelo industrial clásico está agotándose, y la fábrica clásica se coloca del lado de instituciones ya consideradas tradicionales, como los museos de arte moderno. La velocidad de cambio y transformación que subyace a la innovación tecnológica es un factor responsable del rápido envejecimiento de instituciones y situaciones sociales. Reflexionarla en toda su dimensión e impacto nos puede permitir un acercamiento comprensivo del fenómeno tecnológico y de sus consecuencias.

La historia general de la técnica ha sido una historia de revoluciones, de quiebres y de desdoblamientos sobre los cuales se produce la apertura de nuevos intersticios que conducen a situaciones distintas que afectan, a veces radicalmente, no sólo la constitución de nuevas maneras de producir, sino además, y principalmente, la constitución de nuevos sujetos sociales que emergen sobre la transformación, la destrucción e incluso la desaparición de otros. Las técnicas y las tecnologías, como todo fenómeno social, también se agotan, sea por haber cumplido exitosamente con sus propósitos, por la simple superación que puede significar la aparición de una innovación, o por el surgimiento de un nuevo intersticio técnico que muestre un horizonte de nuevas aplicaciones y de nuevas formas de producir.

Los campos de la investigación científica y tecnológica son vastos y es impensable abarcarlos en su conjunto. Los llamados conocimientos de frontera se multiplican y las formas de saber disciplinario y profesionalizante se muestran insuficientes. Las formas inter, multi y transdisciplinarias emergen como alternativas que, sin embargo, deben probar su pertinencia. No pueden *per se*, como algunos creen, constituirse en el nuevo y único método, apto para resolver todos los retos que imponen los nuevos problemas. No obstante, es ineludible afirmar que para tratar el problema del fenómeno técnico desde la perspectiva social es inevitable la participación de la filosofía, la historia, la economía, la ciencia política y la sociología. Es la única alternativa viable para abordar un problema tan vasto.

## DE TAYLOR Y FORD, HACIA EL CONCEPTO FLEXIBLE

La robótica y los sistemas flexibles de producción nacen de la crisis de la gran industria, como un momento de articulación entre la producción de medios de producción que entre otras actividades diseñan los automatismos tradicionales (electromecánica, hidráulica y neumática) y la industria de la producción de medios informáticos de control y de comando de procesos productivos. Con la transformación de la máquina mecánica en máquina automatizada la capacidad de cálculo para sus operaciones crece, se incrementa sustancialmente, posibilitando medir y controlar las magnitudes y los tiempos que intervienen en los procesos, por lo cual la capacidad de control sobre el trabajo se incrementa también, al igual que si este control toma la forma de la relativa pero creciente autonomía de la máquina frente al trabajo.

Es aquí donde se produce la superación del aspecto más importante del taylorismo: mientras que éste tiene como eje central tratar de exprimir “científicamente” el máximo esfuerzo del trabajador, la organización postindustrial del trabajo, apoyada en el desarrollo de las tecnologías flexibles habrá de matizar ese propósito, tratando de sacar a los trabajadores del control de los procesos, privilegiando la relación entre máquinas en operación y máquinas de comando y control, sin dejar al trabajador fuera de su control. De alguna manera el aspecto que se preserva del taylorismo se dirige más al control de los procesos y del trabajo en sí mismo que a la extracción del mayor esfuerzo físico posible.

El taylorismo no constituyó un accidente que se haya creado contra la lógica del capitalismo, pero sí representa una opción contraria a la tendencia de autonomía de la máquina frente al trabajo, sin percatarse de que el reto de la productividad moderna era sobre todo la innovación tecnológica, expresada en el perfeccionamiento o en la creación de versiones de máquinas completamente nuevas.

El taylorismo tendría dos explicaciones en profundidad: la primera se expresa como un momento de estancamiento tecnológico, previo y necesario para generar un tipo de trabajo que posibilitara el arribo del fordismo y más tarde la postindustria flexible. El segundo se refiere a la concepción del ámbito de trabajo como una gran máquina que articula hombres con máquinas, donde lo esencial no es ni siquiera la extracción del mayor esfuerzo humano sino la implantación de un tipo de disciplina del trabajo, donde el hombre debe seguir el ritmo que desarrolle la máquina.

Es en el control de la dimensión intelectual de los procesos producti-

vos donde se encuentra la diferencia entre el taylorismo y las formas postindustriales flexibles.

Es posible que el taylorismo haya aparecido más como práctica que como teoría de la organización, cuando la innovación tecnológica entró en un cierto estancamiento o cuando se le ha dado menor importancia; es posible también que la innovación se haya centrado en las técnicas organizacionales, teniendo como principios fundamentales la disciplina y el control sobre el factor trabajo, y como objetivo estratégico el máximo rendimiento del esfuerzo físico del trabajo humano. Es ahí donde el taylorismo obtuvo su mayor fuerza; vio al taller como un sistema susceptible de organizar de una manera óptima. Taylor combinó la técnica del mayor esfuerzo del trabajo físico, bajo los principios harto conocidos de vigilar y castigar.

Un resultado directo del taylorismo es la cadena de montaje combinada con las prácticas de estímulos económicos por la obtención de ciertas metas en la producción. Es precisamente el aceleramiento de estos procesos en términos de su repetición sistemática lo que permitiría la introducción de automatismos, cumpliendo una tarea histórica que el taylorismo nunca se propuso, lo cual lo marcará en profundidad en su afán de racionalizar la relación entre hombre y máquina. Así, el taylorismo profundiza la división del trabajo, creándose tareas repetitivas, penosas, peligrosas. Es porque se ha hecho del hombre un robot, mediante estos métodos, que ha sido posible crear al robot.

Originalmente Taylor definió sus principios de administración científica como una separación de las tareas productivas en por lo menos tres partes: concepción, control y ejecución. Más tarde, en 1914, Henry Ford innova las relaciones de trabajo introduciendo su famoso contrato basado en la combinación de ocho horas de trabajo por cinco dólares de salario.

Pero el significado profundo de los nuevos métodos fordianos estaba más bien en el intento por encontrar formas de racionalización de la producción en serie realizada en forma masiva. Producción en masa que debería tener como contraparte consumo en masa, que debería establecer nuevas orientaciones para la administración y nuevas formas de relación con el manejo de la fuerza de trabajo, que en ese momento debía acoplarse con el sistema de la línea de montaje.

Debe considerarse también que la existencia de esta política tendía a modificar patrones de comportamiento social, de estratificación y de organización productiva. Aparece entonces la ideología de la pertenencia a la gran empresa; ésta se ocuparía incluso de investigar tópicos como las formas de vida de los trabajadores, patrones de consumo, niveles de educa-

ción y calificación. Ford ocupará trabajadores sociales para hacer estas indagaciones a gran escala, entre 1916 y 1918. Al mismo tiempo, los sindicatos que intervinieron en estas empresas obtuvieron sendas ventajas económicas y sociales, pero con este motivo formaron parte de los mecanismos para disciplinar a los trabajadores adoptando estrategias de colaboración con el proceso de instalación y expansión de las técnicas y métodos fordistas para incrementar sensiblemente la productividad. Lo anterior no significa que la adaptación obrera a la línea de montaje no haya ofrecido serias y a veces organizadas formas de resistencia.

El fortalecimiento de los sindicatos, el tratamiento estatal de la crisis de 1929 y las políticas de reconstrucción de las naciones que intervinieron en la segunda guerra mundial produjeron, con el ascenso de algunos partidos de corte socialdemócrata o cercanos en sus propósitos (e incluso contrarios en sus ideologías), la instalación del Estado del bienestar como un modelo de sociedad que podía combinar capitalismo y políticas sociales. En los hechos esta situación llegó a crear una cierta identificación del proyecto bienestarista con la modernidad. Las formas específicas de las políticas económicas consideraron como propio el uso de los instrumentos preconizados por el diseño de corte keynesiano, y corporativo en algunos casos, lo que permitió un cierto tipo de estabilidad y crecimiento, con una relativa paz laboral. De esta forma, el fordismo permitió incrementar sensiblemente el ritmo de trabajo a través de la aceleración de las líneas de montaje.

A pesar del gran éxito de la combinación de formas de organización productiva taylorista y fordista, fue durante los años sesenta y setenta cuando la cadena de montaje, especialmente en las industrias automotrices y de producción en serie del mundo desarrollado, estuvo fuertemente cuestionada.

Fue alrededor de la operación de dicha cadena donde se centraron movimientos obreros importantes que preconizaron la necesidad de establecer ciertas formas de control sobre el desarrollo de estas tecnologías. Debe decirse que la expansión de la industria fordista moderna propició un crecimiento de la clase obrera, que sólo pudo ser contestada mediante una reestructuración productiva sustentada en la innovación tecnológica abierta por el intersticio microelectrónico. Con ello se intentó dar una respuesta técnico-política que, a su vez, permitiera reducir numérica y estratégicamente el poder alcanzado durante esos años por la clase trabajadora.

La superación del fordismo por la flexibilidad postindustrial se muestra por el surgimiento de sectores productivos completamente inéditos, la aparición de una serie de problemas llamados de frontera, nuevas formas



de financiamiento, la globalización expresada en primer lugar por la reducción de las dificultades en la comunicación internacional, la reducción material de las distancias por la mundialización y, al mismo tiempo, por la formación de los bloques económicos, en una nueva regionalización económica del mundo, configurando también la superación de la llamada en su momento Nueva División Internacional del Trabajo (NDIT), que determinaba una clasificación rígida de los países en industrializados y no industrializados, desarrollados y no desarrollados, centrales y periféricos, dependientes y no dependientes.

La economía global y la formación de bloques permite la colocación de tecnologías de punta para fines específicos en los llamados nuevos países industrializados, o incluso en los no industrializados, mediante las llamadas empresas de maquila y, por otra parte, reconoce la importancia que hoy tiene la inmigración de trabajadores del Tercer Mundo hacia los países desarrollados, donde se ha generado un tipo de trabajo muy problemático debido a la rigidez de las leyes laborales internas, por lo que incluso ha tomado el carácter de trabajo ilegal y/o clandestino.

Encontramos nuevos fenómenos como la extensión de formas de trabajo de alta complejidad tecnológica en la periferia y al mismo tiempo de trabajo sin calificación, realizado por inmigrantes en el desarrollo central, mientras que el nivel del desempleo no ha descendido significativamente en los últimos diez años, y las reformas neoliberales enderezan sus baterías contra los seguros por paro involuntario. Simultáneamente, las formas de contratación del trabajo adquieren modalidades, que si bien no eran desconocidas tampoco tenían la importancia que ahora están adquiriendo: trabajo a tiempo parcial, trabajo temporal y subcontratación de trabajo. Por supuesto, en el nivel del trabajo complejo la fórmula del *free lance* se extiende y se traduce como maquila intelectual.

Tecnológicamente la reestructuración postindustrial pretende ante todo poder responder a las exigencias del aumento de la velocidad de los cambios en los patrones de consumo y de producción. Los modelos flexibles de producción postindustrial tratarían de estructurar, ya no líneas de producción, sino *trayectos rediseñables* a partir de la posibilidad de articular conjuntos de máquinas. Esta rápida propuesta pretendería igualmente responder al mercado siguiendo el comportamiento del mismo lo más cercanamente posible. Las políticas flexibles de contratación permiten igualmente allegarse recursos humanos rápidamente si la demanda crece, y despedirlos igualmente rápido cuando se contrae.

Con el fordismo y el Estado de bienestar, el control sobre la ciencia y la tecnología se hacía imprescindible, convirtiéndolas incluso en verdade-

ras fuerzas productivas, dando origen al funcionario público y privado llamado tecnócrata, cuya divisa principal fue la planificación, y que incluso llegó a creer que se constituiría como una suerte de ingeniería social, como son hoy las pretensiones postindustriales.

Se trata, en primer lugar, del control sobre la información, que a decir de Lyotard se transforma en una mercancía central, en un nuevo equivalente general, que a diferencia del dinero que sólo permite un intercambio por vez, se trata de un polivalente que puede ser intercambiado varias veces, siempre y cuando mantenga vigencia y esté actualizado. Entre mayor actualidad tiene la información, la cual, dependiendo de su naturaleza puede estar demandando hasta minuto a minuto, mayor puede ser su valor, aunque debe señalarse que hay cierto tipo de información, de carácter más técnico, igualmente relacionada con *hardware* que con *software*, que tiende a mantener su valor con el tiempo.

En segundo lugar, la capacidad de tratamiento de dicha información mediante poderosas máquinas de inteligencia artificial, privilegiando no la solución de los problemas en el caso estatal, sino simplemente la modificación de sus condiciones, alterando social y políticamente la situación y, en el caso de lo privado, manejando la información para responder de inmediato al cambio en variables tales como demanda, tasas de interés, valor de las acciones, gustos, modas, y muy particularmente, sobre las estrategias financieras de los bancos internacionales y de la competencia en el ramo, así como sobre las políticas fiscales y monetarias. Esta capa de profesionales de la información conforman un nuevo grupo en ascenso: la informatocracia, una versión distinta e hiperpragmática de la tecnocracia, pero propia de la etapa postindustrial.

El proceso de automatización postindustrial, como vemos, no obedece a un mecanismo arbitrario de innovación tecnológica, sino a ciertos objetivos generales, aunque se expresen de manera difusa y sin una aparente articulación racional, siguiendo patrones más bien inciertos en lo que respecta a su alcance y a su duración en el tiempo.

Con la introducción de la microelectrónica a la producción fabril; con la forma específica del *comando numérico* en el caso de las máquinas-herramientas, es la máquina la que, una vez cargadas y programadas las operaciones básicas efectúa la rutina de tratamiento de la materia de transformación. En ese estadio, el operador es desplazado a la operación de carga/descarga de la máquina en cuestión, y también a la vigilancia de la correcta secuencia de las operaciones. En el momento en que las rutinas se optimizan se produce un desbordamiento de las capacidades humanas de trabajo, la máquina va más rápido, y para no perder eficiencia requiere ser alimentada

de manera automática. Los de carga/descarga cumplen este propósito desplazando al operador hacia la vigilancia del proceso.

En estos procesos no hay una política intencional de sustitución del trabajo asalariado; hay la confirmación de la tendencia a la autonomización de la máquina frente al trabajo directo calificado, y por supuesto no calificado, incrementando la potencia transformadora de los automatismos, que como veremos más adelante dependen de otro tipo de trabajo abstracto intelectual, centrado en el desarrollo de la microelectrónica, de la informática, y muy particularmente del diseño y de la programación.

El grado más alto de la automatización postindustrial comienza con una reformulación del concepto de taller. De un conjunto de máquinas individuales, organizadas según esquemas generales en líneas de producción, se pasa a verdaderas redes arborescentes o rizomas informatizados articulando máquinas-herramientas, organizadas modularmente siguiendo procesos completos particulares. Éste sería el ejemplo ideal del *taller flexible*. Algunas tendencias del cambio tecnológico pueden ser enunciadas a partir de esta experiencia: tendencias a la simplificación, a la miniaturización, a la modularización, a la centralización casuística mediante el control informático y, finalmente, a la negación de la utilidad del trabajo concreto directo. *Se trata de darle un sentido de coherencia a los conjuntos productivos privilegiando la relación entre máquinas frente a la relación entre hombre y máquina.* Éste es el meollo de la diferencia de la automatización postindustrial frente al taylorismo y al fordismo modernos.

Por otra parte, la reorganización flexible del trabajo, particularmente en lo referente a las formas de la contratación y despido de fuerza de trabajo, tienden a implantarse incluso antes de la reestructuración productiva y de la introducción de la innovación tecnológica de carácter flexible, pero esta reorganización no es la que produce la innovación, sino que probablemente precede a su implantación. El *viejo* Marx insistía en señalar que es la aparición de la máquina, de la nueva máquina, la que da origen a la función, a las nuevas funciones de la división del trabajo.

Todo proceso técnico tiene claros antecedentes en otros procesos técnicos, donde su funcionamiento repetitivo va produciendo las condiciones necesarias para la formación del nuevo proceso; la investigación eléctrica y electromagnética abrió el intersticio de la electrónica, el cálculo mecánico propició el desarrollo del cálculo artificial; la noción del archivo se transformó en el concepto de memoria, incrementando la capacidad de almacenaje y las posibilidades para potenciar el cálculo; la incorporación del monitor de televisión a las computadoras abrió sin duda otras vertientes de innovación, etcétera.

Este proceso de acumulación de técnicas, de acumulación de tecnologías, desempeña el papel de rector de la innovación, cuyo significado revela la predominancia del trabajo muerto sobre el trabajo vivo, lo cual se traduce, hoy más que nunca, en la creciente autonomía del capital tecnológico frente al trabajo asalariado. Este es, sin duda, el momento más político del proceso de reestructuración productiva, puesto que ha modificado considerablemente el poder de los sindicatos, que en lo general se encuentran a la defensiva, a diferencia de los años sesenta y setenta, cuando alcanzaron su mayor desarrollo e importancia político-corporativa, lo cual se reflejó, por ejemplo, en el crecimiento de la clase obrera. La tecnología se revela de este modo como un arma de creciente autonomía frente al trabajo, y en un arma de comando, control y orden en la producción.

Es aquí donde se puede afirmar que la politicidad de la tecnología postindustrial se dirige más a la transformación de la composición social y a la alteración de los comportamientos político-sociales de los sujetos que a la generación estacional, circunstancial o general de desempleo.

#### MICROELECTRÓNICA, INFORMÁTICA Y NUEVAS RELACIONES INDUSTRIALES

La generación de tecnología postindustrial tiende a transformar las formas específicas de relación de trabajo con la máquina, de relación y comunicación entre las máquinas mismas y, de manera más general, las relaciones que se establecen entre capital y trabajo. La reestructuración productiva significa la reestructuración social, significa por tanto la destrucción de ciertos tipos de categorías de trabajo y el surgimiento de otras; significa, de manera más trascendente, el intento más serio en la historia de destrucción, pero no significa, evidentemente, desaparición total o extinción. Hablamos más bien de pérdida de importancia relativa en la composición general de clase, de pérdida de negociación y de pérdida de importancia política.

Los procesos de automatización que desembocan en la robotización de la producción postindustrial no resultan de la simple descomposición del trabajo en fases o movimientos, si bien el estudio de éstos es una llave importante para su comprensión. La máquina automatizada tiene algunas determinantes más globales, entre las cuales destacarían:

1. La necesaria combinación, en tiempos postindustriales, de una doble operatividad. Por un lado, la tendencia a la expulsión del circuito automatizado de ciertas categorías de trabajadores y, por otro, la tendencia a la absorción de trabajo en otros circuitos, de carácter periférico, que requieren una menor o escasa calificación.

Aquí hablamos de periferias concéntricas dada la existencia de islas de alta automatización en los nuevos países industrializados, y al mismo tiempo la existencia de formas de trabajo *negro, clandestino e ilegal*, en las sociedades desarrolladas, al igual que en las periféricas.

2. El surgimiento de un nuevo proceso de acumulación originaria sustentado en la expropiación masiva de la capacidad de conducción intelectual directa de los procesos de trabajo, que se expresaba como calificación del trabajo de los operadores directos a través del desarrollo de las tecnologías de la microelectrónica y de la informática, posibilitando la superación de la etapa taylorista-fordista-keynesiana, debido a las tecnologías y las formas organizacionales de la era postindustrial posmoderna, que no es sino la combinación desordenada de formas preindustriales, industriales y postindustriales, en tiempos simultáneos y en espacios interseccionados por prácticas diversas.

3. Es, por supuesto, producto del nivel en el que se encuentra el conocimiento técnico y científico, con sus inercias propias y sus desarrollos ocasionalmente "ciegos", fundados principalmente en la búsqueda de la optimización de la operación de los sistemas de máquinas. En este apartado entran igualmente las tendencias tecnológicas relacionadas con la simplificación, la modularización, la reducción de tamaño y la universalización, en el sentido de que una máquina sea capaz de efectuar operaciones distintas con un mínimo de herramientas y de gasto energético, incluyendo fuerza de trabajo.

Entonces, la acumulación (de técnicas, de investigación aplicada, de investigación básica, de conocimiento material y saber social, etc.) debe ser entendida, de manera histórica, como la forma presente del trabajo pasado, del trabajo muerto, que contradictoriamente permite prescindir del trabajo vivo. La automatización postindustrial, con el tratamiento automatizado de información y con la potenciación y generalización del cálculo recorriendo transversalmente todos los sectores productivos, permite mayor autonomía respecto del trabajo directo, volviéndolo cada vez más abstracto.

Es un error frecuente pensar que la automatización tiene la finalidad de sustituir trabajo faltante o inexistente. Nada más falso, puesto que los sistemas flexibles entran ahí donde la capacidad y la calificación del trabajo son precisamente los más altos y también ahí donde hay grandes cantidades de fuerza de trabajo disponible.

Tampoco se trata de la sustitución racional de las llamadas tareas penosas por su dificultad o por el ambiente francamente hostil del trabajo (recuérdese aquí la carta de nobleza que adquirió la automatización de los

talleres de pintura y soldadura de la industria automotriz, pero al mismo tiempo se pudo constatar la desaparición de algunas de las categorías de trabajadores más calificados en ese sector).

Por lo anterior, no es difícil percibir el carácter político de la reestructuración productiva, que se expresará en diferentes niveles, entre los cuales se pueden señalar los siguientes:

1. La introducción de formas nuevas de gestión contractual, diversas o modificadas de la llamada contratación colectiva, adoptando, aún sin la innovación tecnológica directa pero con su espíritu presente, las innovaciones organizacionales que le son propias. Del círculo de calidad a las estrategias de la *calidad total* o de la *performatividad*. Se habla ya de contratación flexible, o desde un ángulo crítico de la precarización generalizada del empleo.

2. Cuando se introduce una innovación de tecnología flexible se producen dos situaciones: la primera se relaciona con el desplazamiento de fuerza de trabajo hacia otras áreas o hacia el desempleo, la segunda produce una recalificación relativa de los operadores que logran permanecer en el medio mediante una capacitación adecuada. Esta recalificación se vuelve transitoria, en virtud de que la innovación tiende siempre a la generalización en la rama que se encuentra, o debido a la súbita aparición de otra innovación o mejora sustancial en la anterior.

3. El proceso de automatización de la máquina frente al trabajo expresa un doble movimiento: por un lado, la creciente negación del trabajo necesario para la producción acogiéndose al trabajo objetivado que representan las estructuras postindustriales como resultado de la acumulación de tecnologías, y por el otro, como la imposibilidad de valorizar sus productos sin la existencia de los circuitos de producción formales que ocupan tecnologías menos sofisticadas, de los circuitos informales, sustentados principalmente en formas de trabajo intensivo, sin calificación y con salarios mucho menores que los dominantes en el primer circuito, estos circuitos "periféricos" son internos o se localizan en el extranjero.

4. Debe considerarse igualmente la existencia de un proceso de carácter macrohistórico, que hace referencia a la creación de un nuevo momento de acumulación originaria que se ha producido a partir de la expropiación de la capacidad de realización de la fuerza de trabajo, a través de estrategias de innovación técnico-políticas como las descritas, que tienden a atacar las bases materiales y culturales de la reproducción de la clase trabajadora tradicional como tal.

De esta manera y principalmente mediante el proceso de expropiación de la pericia de los operadores calificados, esto es, de su capacidad de co-

mando y control de las operaciones productivas, que como un acontecimiento de gran envergadura traslada estas capacidades de control y calificación a la máquina mediante dispositivos informáticos; es un proceso que principia con el arribo del comando numérico a la máquina-herramienta y culmina con la puesta en marcha de las fábricas flexibles, donde la robótica desempeña un papel de gran importancia.

Finalmente, los procesos de mutación de la personalidad que va adquiriendo el nuevo perfil productivo de las relaciones postindustriales capitalistas nos muestran situaciones completamente novedosas. La velocidad de cambio, la globalización y la formación estratégica de nuevos bloques comerciales, tecnológicos y económicos, la informatización transversal de la sociedad, el papel de la comunicación informatizada y satelitizada, la apertura de nuevos intersticios científicos tales como los llamados superconductores, así como la aparición de nuevos problemas de frontera como aquellos que plantean la biotecnología y la astrofísica, nos obligan a elaborar igualmente nuevas estrategias de acercamiento, desde la perspectiva social, a tan complicadas temáticas.

Desde la perspectiva social aparece como de fundamental importancia la comprensión de las nuevas modalidades del trabajo y de su relación con la reestructuración productiva de las formas informáticas del quehacer postindustrial —de todo lo cual el presente ensayo ha pretendido apenas construir un esbozo— y del impacto que éstas ya tienen e irán teniendo en nuestras sociedades.

De igual manera, tiene una importancia capital el estudio y la comprensión de la transformación y cambio de la intervención estatal en materia de ciencia y tecnología. Ello incluye la explicación del surgimiento de las llamadas estrategias para fines específicos que el Estado y sus informatólogos diseñan e impulsan en los últimos tiempos. Lo anterior nos posibilitará generar un espacio analítico novedoso que permita identificar nuevos protagonistas, categorías y segmentos políticos, sociales y laborales, así como sus prácticas, sin cuyo conocimiento será difícil comprender la perspectiva que se dibuja hacia el fin del milenio y el principio del nuevo siglo. La relación entre tecnología y sociedad se presenta como un nuevo eje central de la comprensión de los tiempos postindustriales.

# ¿TERCIARIZACIÓN DE LA INDUSTRIA O INDUSTRIALIZACIÓN DEL TERCIARIO?

**Consuelo González Rodríguez**

## INTRODUCCIÓN

El crecimiento del sector terciario que se registra desde fines de la segunda guerra mundial cobra actualmente dimensiones considerables que son objeto de una interesante polémica teórica:<sup>1</sup> ¿Se trata simplemente de la profundización de la relación capital-trabajo iniciada en la gran industria clásica como señalan algunos marxistas? ¿Es tal vez el surgimiento de un nuevo asalariado que sigue, sin embargo, sujeto a las leyes de la acumulación de capital, como lo propone Lipietz? ¿Constituye acaso el advenimiento de una sociedad postindustrial caracterizada por la instauración del sector terciario como motor de la economía? ¿Es más bien el inicio de una tercera revolución industrial que tiende a transformar el conjunto de la estructura social?

Al querer dilucidar si las tendencias del desarrollo económico actual apuntan hacia una terciarización de la industria o a la industrialización del terciario nos encontramos con diversas propuestas teóricas que centran su análisis en uno, otro o ambos aspectos señalados. Por este motivo, me parece conveniente desarrollar los principales argumentos que sustentan estas interpretaciones y la polémica que se levanta en torno a ellas.

## ¿QUÉ ES EL TERCIARIO?

Para algunos autores, las actividades económicas se dividen en dos sectores: un sector "productor" de bienes y servicios y un sector "información". El primero agrupa, en términos de empleo o de PIB, todas las actividades que tienen por finalidad la producción material del bien o del servicio. El sector información asegura organización, gestión, coordinación, investigación y desarrollo de las actividades sociales y productivas. De esta manera,

<sup>1</sup> En el anexo de este ensayo se presentan algunas cifras al respecto.



el sector terciario agrupa aquellas actividades de información que se llevan a cabo dentro de la unidad productiva (investigación y desarrollo, dirección, software, análisis de mercados, etc.) y los servicios que tienen como finalidad organizar la sociedad (educación, salud, investigación y desarrollo, servicios de consultoría e información, comunicaciones, organización de las transacciones, burocracia pública y privada, organización de reglamentos, exámenes y controles de la sociedad).<sup>2</sup>

Otros autores definen al terciario en cuanto a la valorización. Desde este punto de vista, el terciario está constituido por las ramas cuya función no es la valorización del capital en la producción material sino que contribuyen de manera importante a su realización, tanto en la misma producción como en el mercado.<sup>3</sup> Entran, entonces, una diversidad de actividades que permiten que los procesos productivos se lleven a cabo de manera funcional para el capital, diferenciando entre actividades del terciario y el sector propiamente dicho:

*El sector terciario, o terciario externo* es el conjunto de ramas funcionalmente terciarias de acuerdo con la división social del trabajo: comercio, servicios financieros y seguros, servicios no comerciales (administración, enseñanza, etc.), transportes y telecomunicaciones, "servicios comerciales a las empresas".

*Las actividades terciarias* se desarrollan en el sector terciario, primario y secundario, y se les denomina *terciario interno*. Éste cubre las categorías socioprofesionales: dirigentes, profesionistas liberales empleados, trabajadores independientes y auxiliares.

En seguida se presenta, brevemente, el análisis que algunas de las principales corrientes del pensamiento económico llevan a cabo en torno al sector terciario.

#### SUBSUNCIÓN DEL TRABAJO AL CAPITAL. TERCIALIZACIÓN DE LA INDUSTRIA

Desde un punto de vista marxista, la terciarización es abordada especialmente dentro del proceso productivo y en lo que concierne a la subsunción del trabajo al capital. El considerable aumento del terciario en la fábrica

<sup>2</sup> Véase Minian, Isaac (comp.). *Cambio estructural y producción de ventajas comparativas*, México, CIDE, 1988.

<sup>3</sup> La separación entre bienes y servicios deja fuera un conjunto de "servicios al productor" que no son registrados como tales, por integrarse como insumos a la producción material. Además, en los sectores terciarios se efectúan también procesos de trabajo material (personal obrero de los hospitales). Véase Lipietz, 1980, y Minian, 1988.

representa la continuidad y profundización del proceso de sustitución del trabajo humano por la máquina, iniciado con la gran industria de los siglos XVIII y XIX.<sup>4</sup> Con la introducción de una máquina automática flexible la intervención del hombre se reduce a la mera vigilancia y mantenimiento del proceso productivo, cuyo control lo tiene la misma máquina, que es capaz incluso de reprogramar sus funciones. A partir de este revolucionario principio tecnológico se conforma una nueva modalidad, muy desarrollada, del proceso de trabajo, en la que se reduce la intervención directa del trabajador pero aumentan considerablemente las actividades que indirectamente lo hacen posible.<sup>5</sup>

Los procesos de flexibilización, abaratamiento, miniaturización y potenciación productiva y la enorme capacidad de manejo de información que dan los chips llevan al surgimiento de una gestión flexible que agiliza la administración del conjunto de las tareas productivas realizadas por los obreros, y crea al mismo tiempo una circulación más fácil y flexible de los materiales y objetos de trabajo, a la vez que optimiza la integración entre la producción y el mercado. Este conjunto de nuevas modalidades del trabajo que surgen a partir de la automatización se han caracterizado como el "neofordismo", "posfordismo", o "toyotismo".<sup>6</sup>

La automatización laboral capitalista se desarrolla incrementando el peso de las facultades intelectuales del trabajador, desarrollando sofisticados mecanismos de programación de las máquinas y revolucionando los usos de los objetos de trabajo y los distintos materiales utilizados.<sup>7</sup> Su evolución parece indicar una mayor integración de las distintas esferas que abarca la actividad económica en su conjunto, enlazando y derivando los efectos de los nuevos mecanismos automáticos más allá de la específica esfera en la que son originalmente introducidos. Apuntando entonces hacia lo que se

<sup>4</sup> Aguirre, Carlos. *Los procesos de trabajo capitalistas en la visión de Marx. Elementos para una tipificación de las figuras del acto laboral en el capitalismo*, tesis de doctorado, Facultad de Economía, UNAM, 1988.

<sup>5</sup> En el anexo se presentan datos sobre el crecimiento del empleo en servicios.

<sup>6</sup> Cf. Mertens, Leonard. *Crisis económica y Revolución Tecnológica*, Venezuela, ORIT/ Nueva Imagen, 1990.

<sup>7</sup> Acompañando el proceso de subsunción del trabajo al capital, también la ciencia y la tecnología son subsumidas, no sólo su producto imbricado en la máquina, sino su propio proceso de producción y los trabajadores que la realizan, es decir, los científicos y tecnólogos. G. Galván desarrolla con precisión esta idea de diversas subsunciones que, al interrelacionarse, dan paso a nuevas subsunciones que modifican la estructura social; una de ellas es la subsunción del Estado al capital, que resulta decisiva en lo que respecta al desarrollo de alta tecnología. Gesare Galván. "Subsunção: Capital e Estado", Brasil, Centro Josué de Castro, Estudos e Pesquisas, mimeo, 1990.

prefigura como la posible “fábrica del futuro”<sup>8</sup> o como el tránsito hacia un proceso de trabajo de carácter “científico”, esta automatización rebasa claramente las fronteras del espacio del proceso de trabajo directo, para desplegarse también y articularse a las esferas del diseño y de gestión general de la empresa.

Para los marxistas el problema es explicar las razones que hacen posible un proceso de trabajo en el cual no se lleva a cabo la valorización del capital, en tanto que el capital variable tiende a desaparecer conforme avanza la automatización. Sin embargo, el capitalismo impone una modalidad particular de la automatización, en la que su difusión se ha llevado a cabo de manera parcial, limitada y concentrada en ciertas ramas, esferas, momentos o “islas” de la producción, sin llegar a ser una figura dominante como lo son el taylorismo<sup>9</sup> y el fordismo.<sup>10</sup> Por esta razón es difícil hablar de la superación del capitalismo hacia una sociedad comunista como podría corresponder a la automatización integral.<sup>11</sup>

Pero debemos comprender los mecanismos que al mismo tiempo permiten y limitan la difusión masiva de esta nueva modalidad del trabajo que pone en riesgo las bases mismas del capitalismo al afectar los procesos de valorización del capital. Si estos procesos de alta y sofisticada tecnología de automatización flexible son posibles y rentables dentro del capitalismo, se debe al hecho de que opera la nivelación de la tasa de ganancia intrarrama e interrampas. Porque esta automatización flexible implica una muy alta composición orgánica del capital, incluyendo entonces una proporción reducida de inversión en capital variable o fuerza de trabajo.

<sup>8</sup> Tulder, Rob. V. *La “fábrica del futuro”. La productividad y los ingresos*, Amsterdam, Universidad de Amsterdam/Federación Internacional de las Industrias Metalúrgicas, s/f.

<sup>9</sup> El taylorismo (administración científica del trabajo), al racionalizar tiempos y movimientos del obrero empieza a generar un conjunto de actividades de control y organización, profundizando ya en la división del trabajo manual e intelectual.

<sup>10</sup> El fordismo, al introducir la “línea de montaje”, mecanismo semiautomático, sustituye al trabajador del control del proceso de trabajo; perfecciona la racionalización del taylorismo, atenuando las respuestas negativas de los trabajadores al conceder, por ejemplo, un mayor salario y mejores condiciones para el consumo. Su crisis se debe a una ruptura de las condiciones económicas y sociopolíticas que lo hacían adecuado al capitalismo; sin embargo, esta crisis se da principalmente en los países desarrollados, allí donde avanza la automatización; en los países no desarrollados aún sigue vigente como modalidad dominante. Para el capital, tanto el taylorismo como el fordismo parecen ser las formas más adecuadas, ya que permiten una plusvalía extraordinaria, acortamiento del tiempo de rotación, rápida transferencia del valor de la máquina al producto, disminución de la obsolescencia moral del capital fijo e incremento de la productividad.

<sup>11</sup> Aguirre, C., *op. cit.*

Así, para que los mecanismos regulatorios del capitalismo funcionen, la automatización flexible sólo puede desarrollarse de manera limitada, aislada o parcial y sobre el trasfondo del predominio mayoritario de otros procesos de trabajo capitalistas que implican menor composición orgánica de capital, como lo son el taylorismo y el fordismo.

#### LIPIETZ, UNA PROPUESTA REGULACIONISTA

Para Lipietz, el desarrollo del terciario es consecuencia del desarrollo de la división entre trabajo manual e intelectual que caracteriza al trabajo capitalista. Desde un análisis de la subsunción del trabajo al capital la discusión retoma el carácter productivo de los trabajadores terciarios; en este sentido, Lipietz concluye que los empleados de sectores terciarios son formalmente productores de ganancias privadas pero globalmente consumidores de la plusvalía social.<sup>12</sup>

El terciario es productivo en la medida en que se articula a la vertiente manual del trabajo colectivo. Siguiendo esta lógica, Lipietz desarrolla un aspecto muy interesante relacionado con un nuevo principio regulacionista que tiende a parcializar y polarizar: haciendo una analogía con la división del trabajo manual e intelectual que se polariza en el proceso productivo, de la misma manera se tiende a la especialización de algunos países o regiones en actividades del sector terciario, y otras en donde se lleva a cabo la valorización del capital. De tal suerte que las primeras pueden dedicarse a la investigación y desarrollo e ingeniería, a condición de aprovecharse de las riquezas producidas en otra parte.

Los trabajadores terciarios no producen plusvalía social pero sí la realizan y se equilibra el sistema de oferta y demanda. La forma de regulación de esta contradicción (oferta-demanda) en el fordismo consiste en una prevalidación monetaria de la oferta, por un crecimiento de los ingresos salariales programados a la medida del incremento de la productividad. Así, la parte del valor agregado del periodo que corresponde a la masa salarial se encuentra automáticamente realizada sin dificultad. El crecimiento del terciario moderno concurre al crecimiento del salario indirecto y a la contractualización del salario directo, participando así en la regulación de

<sup>12</sup> Un desarrollo muy extenso e interesante sobre este tema se encuentra en Lipietz, Alain. "Le tertiaire arborescence de l'accumulation capitaliste: prolifération et polarisation", *Critiques de l'économie politique*, núm. 12, nouvelle série, julio-septiembre de 1980, pp. 37-69.

la acumulación, sin la cual la tendencia a la sobreproducción sería una barrera infranqueable a la producción de masa.

Otra característica del terciario es el estatus profesional “no manual”, trabajador de “cuello blanco”. La división del trabajo se reproduce en la división social; el terciario tiende entonces a crecer en medio de tensiones sociales entre las clases polares del mundo de la producción capitalista. Lipietz señala que el terciario moderno representa la subsunción real expresada en lo siguiente: subordinación creciente de las funciones sociales del Estado (o de la Iglesia) a la lógica de la acumulación capitalista, la centralización capitalista que elimina los numerosos pequeños empresarios, la concentración del capital que multiplica por contrapartida las “funciones capitalistas parcelarias”.

Este análisis parece indicar un proceso de parcelación y estandarización del trabajo capitalista: trabajadores directos cada vez menos calificados (especialmente mujeres), ante un creciente número de empleados indirectos cada vez más calificados (hombres, en particular); la informática y la robótica tienden a generalizar las tendencias clásicas del fordismo en las actividades terciarias. Las mismas fuerzas correctivas de la lucha de clases y de la concurrencia que se ejercen en las actividades productoras de plusvalía se ejercen también sobre aquellas en donde se lleva a cabo su repartición, razón por la cual Lipietz señala que el análisis de Marx sobre las tendencias del trabajo productivo puede servir para comprender la proletarianización del terciario, expresada particularmente por la feminización de este sector.<sup>13</sup>

El principal resultado al que llega Lipietz es que la proliferación y la polarización de los empleos terciarios son dos fenómenos correlativos porque derivan de una causa única: la acumulación capitalista y el movimiento de división del trabajo que ella engendra. Si vamos hacia una sociedad capitalista terciaria, ella será polarizada, tanto en lo que concierne a la división entre trabajo manual e intelectual como a la polarización espacial entre regiones o naciones: la sociedad terciaria puede ser una realidad a condición de que la acumulación de poderes intelectuales en una nación o región tenga por contrapartida el empobrecimiento de otras. Así, Suiza y California “postindustriales” no son más que el reverso de una medalla en la que del otro lado están los obreros agrícolas de América Latina o las hormigas de la electrónica del Sudeste Asiático.

<sup>13</sup> Para un desarrollo más puntual de este tema véase Lipietz, *op. cit.*

## SOCIEDAD POSTINDUSTRIAL. INDUSTRIALIZACIÓN DE LOS SERVICIOS

Colin Clark es quien propone la "teoría de las tres edades": la "primera", esencialmente agrícola, la "segunda", industrial, y, la "tercera", postindustrial. Esta última consiste en la edad terciaria en la cual los hombres se liberan de las cargas del trabajo manual y la humanidad tiene acceso a los placeres de las actividades inteligentes e igualitarias: los servicios. Esta teoría tiene cierta relación con la de W. Rostow: cada nación, cada región pasará sucesivamente por cada una de las etapas, hasta que todos hayan llegado a la terciaria, última etapa del desarrollo desigual.

La conformación de un sector de la información junto a los sectores de producción (primario, secundario y servicios) permite a los autores como Ben Porat, Bell y Jonscher establecer periodos históricos y determinar el paso de las sociedades industriales hasta constituirse en sociedades de información, caracterizadas como "postindustriales". La definición de carácter general sobre una economía de información (*information economy*) ha sido introducida por Marc Ben Porat a mediados de la década de los años setenta, siguiendo una línea de pensamiento que Machlup desarrollara quince años antes. Ésta describe una sociedad en la que la creación, la manipulación y la comunicación de información *tienen primacía* sobre la producción de bienes materiales y servicios.

Esta corriente de pensamiento sostiene que a medida que se complejizan las unidades de producción y las sociedades mismas, se incrementan a un ritmo mayor las actividades de organización y coordinación. El considerable aumento en los costos de información dentro de las empresas, y en la cantidad de burócratas, gestores, administradores, controladores de reglamentos, etc., explicarían la caída de los incrementos de la productividad en países industrializados y, como consecuencia, su interés por introducir alta tecnología de la información.<sup>14</sup>

Es la capitalización y la automatización del sector de la información lo que ha permitido el enorme crecimiento del mercado de la industria informática, de las telecomunicaciones y de otras tecnologías de la información, y a partir de ahí el crecimiento de la productividad de los sectores terciarios.<sup>15</sup>

<sup>14</sup> Isaac Minian cita algunas conclusiones de Jonscher donde muestra el mayor crecimiento del sector de información que el de producción en Estados Unidos durante 1900-1970.

<sup>15</sup> Estudios sobre la evolución de las sociedades a través de las tres etapas: agrícola, industrial y de información, se llevan a cabo en el Research Institute of Telecommunications and Economics (RITE) de Japón; Jean Voge del IDATE y François Meunier del INSEE en Francia, y Charles Jonscher del MIT en Estados Unidos. Citado por Isaac Minian, 1988.

### TERCERA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL. TERCIALIZACIÓN DE LA INDUSTRIA E INDUSTRIALIZACIÓN DEL TERCIARIO

Desde esta perspectiva, los cambios estructurales que se llevan a cabo a nivel mundial son producto de una nueva revolución científico-tecnológica que rebasa el ámbito productivo, propiciando una nueva estructura social, que adopta las características de una "tercera revolución industrial": transforma las estructuras de producción, de consumo y distribución. Conservando ciertos elementos de continuidad con respecto a las anteriores<sup>16</sup> —sustitución del trabajo humano por la máquina—, la tercera revolución industrial tiene un rasgo característico: la terciarización de la industria y la industrialización del terciario.

Lo anterior es consecuencia de la subsunción del conocimiento al capital; de esta manera, la ciencia se industrializa creando un verdadero capital intelectual, los servicios se capitalizan, y se desarrolla una nueva infraestructura que permite la circulación nacional e internacional de servicios. Más que desplazarse el "motor" de la economía hacia los sectores terciarios parece formarse una nueva interrelación entre los sectores manufactureros con sectores de servicios.<sup>17</sup>

### MÉXICO ANTE LA DISPUTA

México se considera como una economía de servicios en virtud de que su participación en el PIB y el porcentaje en el empleo total son muy altos (62 y 60%, respectivamente, en 1985).<sup>18</sup> Sin embargo, algunos estudios realizados sobre este sector llegan a la conclusión de que la principal diferencia entre los países desarrollados y los subdesarrollados no es precisamente su participación en el PIB y en el empleo total, sino más bien su contribución al crecimiento económico mediante encadenamientos productivos de alta tecnología.<sup>19</sup> En México, la manufactura (tradicional, intermedia y moder-

<sup>16</sup> La primera revolución industrial de mediados del siglo XVIII fue resultado de la introducción de la máquina de vapor en sustitución del trabajo humano; la segunda, del siglo XIX, hizo posible la sustitución del trabajo humano por el motor a explosión y el desarrollo del petróleo y la electricidad.

<sup>17</sup> Minian, Isaac. "Cambio estructural en las economías avanzadas: temas para el debate sobre estrategias de desarrollo", en Isaac Minian (comp.). *Cambio estructural y producción de ventajas comparativas*, México, CIDE, 1988, pp. 13-52.

<sup>18</sup> De Mateo, Fernando y Françoise Carner. "El sector servicios en México: un diagnóstico preliminar", en *Comercio Exterior*, vol. 38, núm. 1, enero de 1988, pp. 3-14.

<sup>19</sup> *Ibid.*

na) “jala” a los servicios al productor, lo que no sucede ni en la agricultura ni en la minería (excepto en el petróleo); no obstante, no se registran esos encadenamientos de alta productividad debido a la tendencia de las empresas productoras de bienes hacia la internacionalización.

En 1985 México ocupaba el 15 lugar entre los principales exportadores mundiales de servicios especialmente por turismo y servicios por transformación (industria maquiladora).<sup>20</sup> Por otro lado, se registra en los últimos años un incremento considerable en las importaciones de los “nuevos” servicios al productor. Los autores de estos estudios señalan que podría ser ésta la vía mediante la cual México se está vinculando a la revolución de los servicios que se lleva a cabo en los países desarrollados.

Actualmente los servicios son objeto de una intensa disputa comercial a nivel internacional. Los países exportadores proponen una liberalización de las barreras comerciales y las modificaciones legales a la reglamentación de la inversión extranjera directa para que sus servicios tengan acceso a los mercados hasta ahora protegidos.

En esta disputa por los mercados mundiales, las grandes transnacionales estadounidenses compiten con las pequeñas y medianas empresas europeas, que sin embargo realizan el 40% del comercio internacional de servicios. Japón, por su parte, está interesado en obtener el derecho de “presencia comercial” en las negociaciones que se llevan a cabo en el marco del GATT, para garantizar un espacio a una probable expansión futura de este sector. La posición de los países subdesarrollados es generalmente de rechazo ante la falta de conocimiento de los efectos que estas negociaciones podrían causar en sus economías. En América Latina, Brasil y Argentina se pronunciaron por una negativa regional a la negociación de los servicios en el GATT.

La disputa aún no ha sido resuelta, en las negociaciones son determinantes los procesos de reestructuración que se van dando en las economías nacionales y que van conformando grandes bloques económicos que ejercen su hegemonía y presionan en función de la posesión de tecnología y recursos financieros y materiales para lograr una competitividad y calidad que exige la introducción de estas innovaciones en las economías nacionales. La expansión de los servicios es un proceso dinámico pero al mismo tiempo restringido a las necesidades de áreas y sectores relacionados con las actividades de exportación.

<sup>20</sup> México también tiene competitividad en reaseguros, servicios de ingeniería y arquitectura y varias actividades relacionadas con la televisión y el cine. Asimismo, la producción en ciertos campos de programas de computación y fabricación de equipo.



## CONCLUSIONES

Como podemos observar en la sucinta exposición anterior, el debate cuestiona fundamentos teóricos centrales de algunas corrientes del pensamiento económico. Para los marxistas el crecimiento del sector terciario pone en discusión uno de los puntos teóricos nodales: el obrero industrial y la tarea histórica revolucionaria que le estaba encomendada. En algunos esquemas marxistas el trabajador "improductivo" sólo sería aliado en el proceso de emancipación del capitalismo; sin embargo, con el crecimiento considerable del terciario, el trabajador de "cuello blanco", se pone a discusión la conformación actual del proletariado.

Esto último nos lleva a la definición del trabajo productivo e improductivo. Me parece que en Marx se puede hablar de un proceso de terciarización de la industria, al considerar la incorporación cada vez más amplia y creciente de aquellos servicios que permanecían en la categoría de "trabajo improductivo", pero que al ser incorporados a las modernas formas de producción son subsumidos por el capital. Asimismo, desde esta subsunción podemos también observar una creciente industrialización de los servicios, en tanto que al aumentar su participación en la valorización del valor llegan a adquirir características propias de una actividad altamente productiva.

Finalmente, el punto más crítico para el marxismo es la validez de la teoría del valor. Si el análisis se realiza desde una perspectiva micro y aísla efectivamente estos procesos de automatización flexible, parecen haber trascendido la racionalidad capitalista: el salario del trabajador no parece guardar ya relación ni con su calificación ni con su tipo de trabajo, experiencia, etc.; las ganancias de la empresa no parecen tampoco tener ninguna relación con el trabajo vivo desplegado por la escasa y singular fuerza de trabajo empleada en estos procesos; tampoco las mercancías parecen fijar su valor a partir de sus insumos de capital constante y capital variable adicionales con una proporcional plusvalía específica.

Sin embargo, desde una perspectiva más amplia, la ganancia individual se revela simplemente como ganancia media cuya magnitud absoluta es proporcional a la magnitud del capital originalmente invertido, sus precios se muestran como precios de venta regulados normalmente por la competencia intercapitalista en sus distintas variantes, mientras que los salarios se revelan como salarios de un trabajo que aunque es explotado y se ubica en una rama o proceso excepcional, se regula finalmente a partir del salario medio nacional de que se trate. Con lo cual se esclarece un poco

más la relación tan discutida contemporáneamente entre automatización y valor.<sup>21</sup>

Automatización y capitalismo son compatibles sólo en la medida en que dicha automatización sea parcial, limitada y no dominante dentro del capital social global. Y por el contrario, una generalización en escala social y difundida ya como forma dominante de los procesos de trabajo de una sociedad cualquiera es obligadamente equivalente a una estructura social que ya no se rige ni puede regirse ya por los criterios de la racionalidad capitalista de valorización del valor.

El advenimiento de una sociedad postindustrial es cuestionado por el hecho de que la producción manufacturera en los países industrializados mantiene la proporción con respecto a la producción total, y en algunos casos la incrementa. Lo que sí se ha dado es una caída importante del trabajo directamente vinculado a la producción material derivado de los incrementos de la productividad, mayor que los incrementos de la producción. En los países industrializados aumenta la participación en el empleo de trabajadores relacionados con el conocimiento científico y los sectores profesionales, en tanto que en los países de reciente industrialización es a la inversa. De esta manera, la polémica no es industria vs. servicios, como la ubica la propuesta de una sociedad postindustrial.<sup>22</sup>

Finalmente, las interpretaciones sobre el inicio de una tercera revolución industrial, al considerar que los cambios que están en marcha constituyen verdaderas revoluciones científico-tecnológicas que implican transformaciones macrosociales, parecen considerar estos procesos como un avance lineal hacia formaciones sociales más desarrolladas; sin embargo, éstas siguen basadas en los mismos principios de acumulación de capital y explotación de la fuerza de trabajo; en la medida en que el capitalismo fija límites a la difusión de las nuevas tecnologías, no es posible hablar del advenimiento de nuevas formaciones sociales, sino que se trata, en todo caso, de nuevas modalidades de la subsunción del trabajo al capital.

Podemos concluir con lo señalado por Lipietz:

el problema para el capitalismo es ver cómo se puede soldar en una fuerza de transformación social un conglomerado salarial totalmente patente en el que las relaciones de producción son las más diversas, en el que el modo de explotación reposa sobre la extorsión del sudor y sangre, sobre la ultraespecialización del saber, sobre la recuperación del servicio directo al capital del adiestramien-

<sup>21</sup> Para una discusión más detallada sobre estos aspectos véase Aguirre, C. "Los procesos...", *op. cit.*

<sup>22</sup> Isaac Minian. Aquí cabría meter la polémica del declive de Estados Unidos.

to secular de las mujeres a la sumisión sonriente, sobre la movilidad más desenfrenada, etc. Las tendencias generales del capital, lejos de poner frente a él la alta figura de un sepulturero a la conciencia clara y a los brazos de acero, engendra una exuberancia de categorías y de estatus, de tradiciones, cultura, ideología, aspiraciones muy variadas. Para el marxismo clásico es un drama. Pero para quien quiera romper con la imagen de bastiones rojos ¿no es más bien una riqueza?<sup>23</sup>

Sin duda, estos procesos nos llevan a plantear la necesidad de reformular las bases teóricas a partir de las cuales hemos analizado el desarrollo social en los últimos años. Los procesos mediante los cuales se realiza la introducción de la innovación tecnológica a los procesos productivos tanto de bienes como de servicios nos indica que existe una nueva forma mediante la cual la ciencia y la tecnología se vinculan de manera más directa al capital.

#### BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, Carlos A. *Los procesos de trabajo capitalistas en la visión de Marx. Elementos para una tipificación de las figuras del acto laboral en el capitalismo*, tesis de doctorado, Facultad de Economía, UNAM, 1988.
- Bravo Aguilera, Luis. "México frente a las negociaciones internacionales sobre servicios", en *Comercio Exterior*, vol. 38, núm. 1, enero de 1988, pp. 26-29.
- Bell, Daniel. *El advenimiento de la sociedad post-industrial*, Madrid, Alianza Editorial, 1973.
- Comisión de Empresas Transnacionales del Consejo Económico y Social de la ONU. "Las empresas transnacionales y los servicios", I y II, en *Comercio Exterior*, enero y febrero de 1988, pp. 75-79 y 169-175, respectivamente.
- Cazadero, Manuel. *Energía y Tercera Revolución Industrial. Contradicciones del desarrollo derivadas de la revolución científico-tecnológica*, tesis de doctorado, Facultad de Economía, UNAM, 1988.
- De Mateo, Fernando. "El sector servicios en México: un diagnóstico preliminar", en *Comercio Exterior*, vol. 38, núm. 1, enero de 1988, pp. 3-14.
- Galvan, Cesare G. "Susunçao: Capital e Estado", Brasil, Centro Josué de Castro, Estudos e Pesquisas, mimeo, 1990.

<sup>23</sup> Lipietz, *op. cit.*

- Lipietz, Alain. "Le tertiaire arborescence de l'accumulation capitaliste: prolifération et polarisation", en *Critiques de l'économie politique*, núm. 12, nouvelle serie, julio-septiembre de 1980, p. 37-69.
- Marx, Karl. *El capital. Libro I, capítulo VI (inédito)*, México, Siglo XXI, 1985.
- Mertens, Leonard. *Crisis económica y Revolución Tecnológica*, Venezuela, ORIT/ Nueva Imagen, 1990.
- Minian, Isaac. "Cambio estructural en las economías avanzadas: temas para el debate sobre estrategias de desarrollo", en Isaac Minian (comp.), *Cambio estructural y producción de ventajas comparativas*, México, CIDE, 1988, p. 13-52.
- Touraine, Alain. *La sociedad post-industrial*, Barcelona, Editorial Ariel, 1969.
- Tulder, Rob. V. *La "fábrica del futuro". La productividad y los ingresos*, Amsterdam, Universidad de Amsterdam/Federación Internacional de las Industrias Metalúrgicas, s/f.

## RECURSOS HUMANOS, CAPACITACIÓN Y ACTUALIDAD. ALGUNOS PLANTEAMIENTOS GENERALES

**Gloria González Salazar**

En las circunstancias actuales, al igual que en las que pueden vislumbrarse en el futuro mediano e inmediato, la formación de recursos humanos a distintos niveles tiene una gran importancia para el proceso de desarrollo de México.

Y en efecto, el avance científico y tecnológico, la globalización de los mercados y la consecuente necesidad de internacionalizar las economías plantean para México, como para otros países de similar desarrollo, una serie de retos para enfrentar las nuevas condiciones que están imponiéndose en el mundo contemporáneo. Lo cual implica, paralelamente a la corrección de sus problemas estructurales más agudos, lograr una mayor competitividad interna y externa que le permita adecuarse a las nuevas circunstancias de modo de retomar el ritmo de crecimiento económico, satisfacer sus necesidades y conseguir una posición ventajosa en el mercado mundial y en los grupos regionales que están integrándose como parte de esta dinámica.

En términos generales, incrementar la productividad y la competitividad presupone, entre otras cosas, la búsqueda, asimilación y desarrollo de opciones tecnológicas viables, asegurando la vinculación de la investigación científico-tecnológica con la producción, mejores sistemas de información y de organización; esquemas más eficientes de transporte y de comunicación, de comercialización y de administración pública y privada; impulsar el ahorro y la inversión, así como la racionalidad en el uso del capital y de los recursos naturales, de modo que se haga posible la actualización y el desarrollo de la planta productiva y, en general, de la actividad económica. Y para lo que nos interesa poner de relieve en estas líneas, un requisito indispensable para aumentar la productividad y la calidad de lo que se produce es desarrollar una base amplia de recursos humanos calificados y con posibilidades permanentes de actualización.

En el presente, sin embargo, se advierten en nuestro país carencias graves en materia de fuerza de trabajo calificada a distintos niveles, bien por falta de escolaridad formal ocasionada por problemas socioeconómicos de los educandos, dada la inequitativa distribución del ingreso, o por defi-

ciencias del sistema educativo, bien por estar polarizadas en exceso las acciones formativas en determinadas áreas del conocimiento con abandono de otras, bien por una orientación academicista y falta de sentido práctico, o bien porque, desde otro ángulo, no se lleva a cabo en forma eficiente y suficiente la actualización permanente de los conocimientos y destrezas de quienes ya están incorporados a la actividad económica.

Sobre el particular, a finales de la década de los ochenta el rezago educativo afectaba al 78% de la población de 15 años y más de edad, ya que el 47% no había concluido la enseñanza elemental, incluidos más de 4 millones de analfabetos, y otro 31% no había completado la secundaria. Y por otra parte se estimó que el nivel máximo de escolaridad del 48% de la fuerza de trabajo era, cuando más, de primaria completa o de uno o más años de secundaria, mientras que otro 43% no había terminado siquiera el nivel elemental, incluidos alrededor de 4.8 millones de personas que no tenían instrucción formal alguna, calculándose que sólo alrededor de un tercio de los trabajadores que han ido incorporándose anualmente a la actividad productiva tiene una formación terminal o ha recibido capacitación para el trabajo.<sup>1</sup>

De esta manera, en el marco de una escolaridad promedio baja, la población ocupada muestra grandes disparidades en sus niveles de calificación y de calidad laboral, derivadas, en parte, de limitaciones en la enseñanza y de problemas de eficiencia terminal en los distintos niveles educativos, así como de la desvinculación de la educación con las necesidades reales de la economía y, en otras más, de la propia heterogeneidad del aparato productivo, de la insuficiente generación de empleos adecuados y de la presencia del subempleo. Y, por ende, de la historia ocupacional real de los individuos, ligada a su vez a dichos fenómenos y a su posición social concreta.

Pese a la necesidad que todo esto implica en materia de capacitación en el trabajo, sólo alrededor del 33% de las empresas del país cumplen con la obligación legal de registrar comisiones mixtas de capacitación y adiestramiento en los términos establecidos por la Ley Federal del Trabajo, además de diversas fallas cualitativas con respecto a la naturaleza y alcance de estas actividades en las unidades productivas.

Estos hechos se confrontan muy negativamente con las características y exigencias del contexto internacional actual a que antes nos referimos, en el cual, entre muchas otras cosas, las tendencias económicas a nivel mun-

<sup>1</sup> Con base en datos del *Programa para la Modernización Educativa, 1989-1994*, pp. 8 y 82-84 y del *Programa Nacional de Capacitación y Productividad, 1990-1994*, pp. 14 y 26.

dial y las nuevas formas de producción y de organización del trabajo que determina la dinámica tecnológica y las modalidades de comercialización, demandan de la fuerza de trabajo una mayor participación —más activa, responsable y creativa— en la gestión de la productividad y la calidad, una mayor comprensión de los procesos productivos, así como una gran capacidad o versatilidad para enfrentar el cambio. Todo lo anterior presupone, por una parte, mayores bases de educación general en la fuerza de trabajo y, por la otra, una gran capacidad para desarrollar destrezas específicas como parte de un proceso continuo de reciclamiento.

Viene así a cobrar especial relevancia en esta fase del desarrollo económico de México el principio de la flexibilidad ocupacional, por el cual, a mayores bases de escolaridad general de la población en edad de trabajar, y en particular de los trabajadores en activo, mayor facilidad para derivar cualquier perfil ocupacional, ya que dichas bases de escolaridad formal determinan proporcionalmente la capacidad potencial de adaptación a un mayor número de actividades productivas más complejas o diferentes y las posibilidades para absorber, con relativa rapidez, conocimientos y destrezas para una proporción más amplia de ocupaciones concretas.

Por tanto, el esfuerzo a realizar comprende, desde un ángulo, corregir el rezago educativo ya existente ampliando la educación para adultos en esquemas más eficientes y efectivos, tanto para las necesidades del país como para los intereses de los educandos. Y como una cuestión fundamental, ampliar y mejorar la capacidad del sistema educativo para lograr una escolaridad más alta en las nuevas generaciones, combatiendo las fallas existentes en la eficiencia terminal y creando los mecanismos emergentes y compensatorios necesarios para aumentar la matrícula y la retención de la población más desfavorecida. Y todo ello, buscando paralelamente una mayor vinculación entre la educación, sus contenidos y sus métodos con el avance científico y tecnológico, así como con las necesidades que plantea el aparato productivo a nivel nacional, regional y local, incluyendo, en ambos sentidos, propósitos deliberados de desarrollar en los educandos la capacidad de pensar, investigar e innovar, así como actitudes valorativas con respecto a la calidad y la productividad.

Desde otro ángulo, pero con similares orientaciones de vinculación y valorativas, se debe fortalecer y modernizar la capacitación para y en el trabajo, buscando su complementariedad con el sistema educativo, de modo que desde su peculiar perspectiva desarrolle en la fuerza de trabajo, sobre la base de los conocimientos científicos, tecnológicos y humanísticos que aquél brinde, las habilidades, pericias, destrezas y actitudes que le permi-

tan enfrentar en la práctica las nuevas y cambiantes condiciones del mundo laboral.

En este contexto, sin defecto de la fundamental importancia de los esfuerzos cuantitativos y cualitativos a realizar en lo primero, en el presente la capacitación tiene un papel estratégico muy destacado que cumplir, ya que por su misma naturaleza puede conseguir resultados más o menos rápidos sobre una gran variedad de necesidades mediante esquemas más flexibles.

Así, dado que la respuesta del sistema educativo no es inmediata por estar condicionada a tiempos precisos, la capacitación para el trabajo tiene la importante función de frenar la tendencia a que gruesos contingentes de jóvenes continúen incorporándose al mercado de trabajo sin ninguna calificación, al igual que la de contribuir a la mejor calidad laboral de la población adulta que se halla en proceso de completar su enseñanza primaria o secundaria, mediante un proceso de continuidad formativa que la habilite para tener acceso a un empleo o a una ocupación productiva independiente.

Y desde otra perspectiva, toda vez que tres de cada cuatro personas que formarán parte de la fuerza de trabajo para el año 2000 ya están integradas a la actividad económica y en buena medida adolecen de las carencias y deficiencias de formación aludidas, la capacitación en el trabajo, o sea en las empresas o por cuenta de ellas, está llamada a realizar un vasto y permanente proceso de readaptación y mejoría de la población ocupada, tanto en los niveles operativos y técnicos como en los administrativos y gerenciales. Y esto, tanto en el sentido de subsanar carencias de formación de algunos estratos de la fuerza de trabajo como de adaptar a otros más a los cambios ocupacionales y laborales de las actividades más modernas, así como de propiciar las calidades formativas necesarias para el acceso al empleo de la población desplazada por dichos cambios.

Actualmente, sin embargo, con respecto a lo primero, la oferta de capacitación formal para el trabajo es insuficiente para atender la demanda potencial de estos servicios que se estima en alrededor de 1.9 millones de jóvenes anuales, considerando en esta cifra los estudiantes que desertan o que se retiran del Sistema Educativo Nacional en los niveles de educación básica y media superior.

De conformidad con datos de dicho Sistema, los planteles que imparten capacitación formal para el trabajo sumaban 3 240 a fines del ciclo 1988-1989, de los cuales 403 eran federales, 233 estatales, 8 eran autónomos y 2 596 particulares, mismos que en conjunto tuvieron una inscripción de 536 347 alumnos-curso-año, o sea que, confrontando esta cifra con la



del párrafo que antecede, una cifra cercana a 1.4 millones de jóvenes que requieren de capacitación para el desempeño de una ocupación deben ser atendidos. Adicionalmente a la demanda potencial representada por el rezago de los trabajadores en activo que no recibieron dicha preparación.<sup>2</sup>

Empero, además del problema cuantitativo, existen deficiencias e insuficiencias cualitativas en este género de preparación. Por ejemplo, en los centros particulares, en los que se concentra el mayor porcentaje de alumnos-curso-año (el 53.7% en la fecha antes señalada), existe una proliferación desordenada de instituciones y una gran heterogeneidad en los contenidos educativos, que repercute negativamente en la calidad de la enseñanza. Ya que la legislación educativa vigente permite que sea potestativo de los centros de capacitación particulares incorporarse o no al Sistema Educativo Nacional, sólo un 12% de ellos se hallan incorporados al Sistema Federal o Estatal.<sup>3</sup> En este marco, en el periodo señalado el 60% de la capacitación ofrecida correspondía a áreas comerciales y administrativas, el 14% a servicios de belleza, el 12% a actividades técnico-industriales, y el resto se atomizaba en una gran variedad de materias.

En cuanto a los centros de capacitación del sector público, los de carácter estatal tienen una baja representación, apenas el 6%, los cuales, en un marco promedio de bajos recursos, en su mayor proporción ofrecen preparación en diversas materias comerciales y administrativas, si bien algunos se orientan hacia especialidades técnico-industriales.

De hecho, la oferta más importante y desarrollada de capacitación es la del sector federal, la cual, en el ciclo mencionado, representó el 38.5% del total de alumnos-curso-año. En ésta destacan los 196 centros de Capacitación para el Trabajo Industrial (Cecati) de la Secretaría de Educación Pública (SEP), los cuales, con 190 000 capacitados/año/curso representaron el 91.6% del total en los centros federales.

Los Cecati ofrecen 208 cursos distintos, agrupados en 39 especialidades. Dichas especialidades comprenden estudios básicos para el desempeño de ocupaciones características de industrias como la eléctrica, electrónica, metalmecánica, del vestido, automotriz, soldadura, carpintería, refrigeración y aire acondicionado, entre otras, así como de actividades comerciales, servicios turísticos y otros servicios.

Empero, éstos enfrentan carencias desde distintos ángulos, por ejem-

<sup>2</sup> *Programa para la Modernización de la Capacitación Formal para el Trabajo 1989-1994*, Subsecretaría de Educación e Investigación Tecnológica, Secretaría de Educación e Investigación Tecnológicas, Secretaría de Educación Pública, pp. 17 y 19.

<sup>3</sup> *Ibid.*, pp. 23-24.

plo en materia de personal docente idóneo, de recursos didácticos, bibliográficos y hemerográficos adecuados y suficientes, así como de equipamiento moderno en sus talleres; al igual que registran fallas en la certificación de la competencia ocupacional que confieren y problemas de centralización administrativa y académica que no les permite adecuarse a las necesidades regionales y locales, en un cauce en el cual, además, no existen mecanismos efectivos de enlace con el aparato productivo.

En cuanto a lo segundo, para 1990 sólo alrededor del 33% de las empresas estaban cumpliendo con la obligación legal de registrar comisiones mixtas de capacitación y adiestramiento, mismas que representaban algo más del 64% del total de los trabajadores del país, además de que no es raro que muchos de estos órganos tengan una existencia puramente formal y de que existen grandes contrastes en la eficacia con que funcionan, dada la heterogeneidad del aparato productivo. Por lo pronto, de 142 615 empresas que tenían registradas comisiones mixtas, sólo el 77.5% había presentado planes y programas de capacitación que cubrían el 82.1% de los trabajadores representados en aquéllas.<sup>4</sup>

Y lo anterior, en un contexto en que destaca el insuficiente desarrollo de la capacitación en las empresas menores, en virtud tanto de su deficiente organización, de sus características operacionales y de la frecuente polifuncionalidad de sus trabajadores, como de la escasez de recursos con que cuentan y del desconocimiento de instancias de capacitación o adiestramiento externas. Y en el cual, en general, de acuerdo con la aludida heterogeneidad del aparato productivo, existen enormes contrastes en la eficacia con que funcionan las comisiones mixtas y en la calidad y alcance de la capacitación, dado que estas cuestiones se asocian con el grado de modernidad de las empresas, con su dinámica tecnológica y sus formas de organización y administración, así como con el nivel de desarrollo de las relaciones laborales en los distintos casos.

Aunque se han realizado importantes avances en la aplicación del sistema nacional de capacitación y adiestramiento previsto por la Ley Federal del Trabajo, es mucho lo que queda por hacer en materia de poner en práctica una política de formación de recursos humanos desde esta perspectiva, en la que participen en forma generalizada y activa los patrones, los trabajadores y sus organizaciones representativas para definir y efectuar una labor capacitadora permanente, de alta calidad y relacionada a propósitos más amplios de productividad, calidad y desarrollo económico.

<sup>4</sup> Con base en datos de la Unidad Coordinadora de Políticas, Estudios y Estadísticas del Trabajo, Subsecretaría "B", Secretaría del Trabajo y Previsión Social.

En suma, no es extraño, en atención a todo lo hasta aquí esbozado, que el Programa para la Modernización Educativa 1989-1994 dedique su capítulo v a los servicios de capacitación formal para el trabajo, a la par que el Programa Nacional de Capacitación y Productividad 1990-1994 hace hincapié en el papel estratégico que corresponde a ésta y a la que se realiza en las empresas o por cuenta de ellas para la población ocupada, en el desarrollo de México. Y todo ello en el sentido, dada la interpretación de ambas modalidades de formación, de buscar una mayor coordinación entre ambos programas y una mayor participación de los distintos niveles de gobierno y de los sectores productivos, laborales y sociales para financiar, expansionar y modernizar los sistemas de modo que respondan a las exigencias actuales.<sup>5</sup>

Ahora bien, sin entrar en mayores pormenores sobre las nuevas políticas —expuestas en este Simposium por los ponentes que tienen a su cargo responsabilidades en dichas modalidades de formación—, cabe insistir, para terminar, en que el desarrollo de los recursos humanos desde estas u otras perspectivas requiere, además de los aspectos específicos en la materia, acciones desde muy diversos ángulos que hagan posible su vinculación con las políticas científico-tecnológicas, agrícolas, industriales, financieras y comerciales, en respuesta a necesidades concretas planteadas por una estrategia de desarrollo integral, que haga del mejoramiento de los niveles de vida de la población mayoritaria uno de sus objetivos centrales.

O sea, que debe tener una estrecha relación con los planes de desarrollo económico y social a nivel nacional, sectorial y regional, en los cuales deben estar incluidos objetivos explícitos de empleo y de remuneración acordes con los niveles de productividad, así como de mejoramiento de los grupos rezagados y de atención a las necesidades sociales derivadas de los cambios previstos.

<sup>5</sup> En términos generales, se entiende por capacitación para el trabajo la que se realiza en el ámbito educativo para tener acceso, eventualmente, a un empleo u ocupación independiente. Y por capacitación en el trabajo, la que se efectúa dentro del proceso productivo. En nuestro medio la importancia de esta distinción se deriva de que la legislación vigente establece la obligación patronal de impartir por su cuenta esta última a los trabajadores a su servicio sujetos a una relación contractual y el derecho de éstos a recibirla.

Empero, la propia Ley determina que dichas actividades pueden realizarse tanto en la empresa como fuera de ella, en centros educativos u otras instituciones idóneas, lo que crea una interpenetración entre ambas modalidades que a la postre son susceptibles de utilizar para sus fines la misma infraestructura y recursos con que cuenta el sistema educativo. Además de que, por otra parte, el sistema educativo pugna, desde su ángulo, por conseguir en todos los casos posibles que sus educandos lleven a cabo prácticas en las empresas.

# LA TERCERA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL Y LA FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS PARA LA PRODUCCIÓN Y EL DESARROLLO EN MÉXICO

**Diódoro Guerra Rodríguez**

## INTRODUCCIÓN

Entre las influencias que más han contribuido al desarrollo de la cultura contemporánea, sin duda la más importante ha sido la creciente amplitud y desarrollo de la ciencia y los extraordinarios cambios y avances tecnológicos que han tenido lugar en los diversos campos del saber humano.

Hasta la época de la primera revolución industrial los procedimientos dirigidos a prepararse para el mundo del trabajo no eran demasiado complejos, la tecnología empleada en la industria no cambiaba con rapidez y el factor tiempo en la preparación para el trabajo no tenía la importancia que asume hoy en día.

A partir del descubrimiento y la aplicación de fuentes energéticas para reemplazar la energía humana en la industria se pudieron elaborar más productos y con mayor eficacia. Desde la revolución industrial, la eficiencia del hombre en la industria no sólo ha traído como resultado una forma distinta de vida, sino también una manera diferente de trabajar y de prepararse para el trabajo. Los avances tecnológicos exigen personal calificado con un nivel más alto de educación y la disponibilidad de este tipo de trabajadores permite una tecnología más avanzada, que a su vez va requiriendo recursos humanos con un nivel más alto de educación, estableciéndose así un proceso en constante ascenso.

Las nuevas formas de producción relacionadas con las sociedades industriales surgidas a principios del siglo XIX hicieron del progreso técnico el motor principal del desarrollo. Pero a medida que se incrementó la complejidad del proceso productivo y se extremó la división del trabajo por la aplicación en gran escala de nuevas técnicas, sobre todo después de la segunda guerra mundial, esto es, en la década de los años cincuenta, hubo la necesidad de desarrollar nuevas especialidades y técnicas secundarias, así como la investigación y experimentación para sistematizar estas tecnologías.

En consecuencia fue necesaria una transformación de la estructura profesional de los recursos humanos, caracterizada fundamentalmente por una

elevación obligada del nivel de calificación de la fuerza de trabajo y, en este contexto, la educación se constituyó en el instrumento más eficaz para lograr el crecimiento económico y el desarrollo social.

En la actualidad, los rápidos avances del conocimiento científico y tecnológico han dado lugar a una tercera revolución industrial, cuyas repercusiones se hacen sentir tanto en el aparato productivo como en los ámbitos social y cultural. En la transición hacia el próximo milenio se vive un ritmo de avance y expansión de la ciencia y una revolución en la tecnología sin precedente en la historia de la humanidad. Hoy la producción no puede desligarse del conocimiento científico y tecnológico ni de la consecuente mejor preparación de los recursos humanos.

Un desarrollo industrial autosostenido sólo es posible mediante la construcción de una autonomía tecnológica que permita una verdadera vinculación entre investigación científico-técnica y producción, transformando a fondo los métodos de formación de recursos humanos y buscando desarrollar tecnologías apropiadas a las necesidades y los recursos; de ahí la necesidad de orientar el sistema educativo hacia la creatividad y el desarrollo independiente de la ciencia y la tecnología.

La investigación científica y la modernización tecnológica contribuyen sustantivamente a fortalecer el progreso económico y social. La ciencia se relaciona estructuralmente con el enriquecimiento del saber y con el mejoramiento material y cultural de la sociedad. Al aportar nuevos conocimientos y perfeccionar los ya existentes se constituye en un elemento fundamental para alcanzar niveles de innovación tecnológica que repercuten en una alta productividad y en mejores condiciones de vida para la población.

Los países avanzados han sustentado su desarrollo en una estrecha vinculación de la investigación científica y el desarrollo tecnológico con la producción. Las grandes corporaciones internacionales han atraído a los científicos hacia sus institutos de investigación para el desarrollo de nuevas tecnologías, lo que ha dado lugar a una ciencia industrializada que se traduce en un alto nivel de productividad. En tal sentido, el desarrollo científico y tecnológico no sólo influye en la calidad y capacidad de la actividad productiva, sino que sus efectos tienen un fuerte impacto en la sociedad.

En estos criterios se sustenta la propuesta de incrementar el monto de los recursos asignados a la promoción y fomento de las actividades científicas y tecnológicas, pero, sobre todo, la de propiciar e impulsar una cultura que permita no sólo incorporar de manera efectiva la tecnología adquirida por efectos de transferencia a los procesos productivos sino, pri-

mordialmente, obtener una suficiente autonomía tecnológica para generar un desarrollo industrial autosostenido.

#### POLÍTICA CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA EN EL SISTEMA EDUCATIVO NACIONAL

En nuestro país, la estrategia de cambio estructural puesta en marcha durante los últimos años considera como eje fundamental al sector industrial. En ella se hace hincapié en la necesidad de modernizar el aparato productivo industrial mediante la introducción de innovaciones tecnológicas y cambios organizacionales tendientes a elevar la productividad, rentabilidad y competitividad de las empresas nacionales en el mercado exterior, persiguiendo con ello inducir una nueva inserción de la economía mexicana en el mercado mundial, capaz de generar las divisas que permitan el crecimiento económico.

Dentro de este marco de transformación, cabe destacar las negociaciones que nuestro país ha iniciado con Estados Unidos y Canadá, orientadas hacia la firma de un Tratado Trilateral de Libre Comercio, con el que se persigue asegurar el acceso de nuestros productos a otros mercados, constituyendo a la vez la región comercial más grande del mundo.

Entre los beneficios que se advierten como posibles resultados de este acuerdo se encuentran el de disponer de mejores tecnologías para elevar la competitividad en nuestro aparato productivo y el de atraer más inversiones al país, estimulando la canalización de la inversión y generando, en consecuencia, más empleos. En ese sentido, el mejoramiento en la eficiencia de la fuerza laboral, mediante la educación y la capacitación, es uno de los elementos clave para elevar los niveles de productividad. De la educación y la capacitación depende la generación de recursos humanos con habilidades innovadoras, con flexibilidad y capacidad para adoptar nuevos procesos productivos y tecnológicos.

En la actualidad el sistema de calidad total representa la mejor estrategia de competencia internacional que permita asegurar una alta productividad, y este sistema de cambios en la forma en que se organiza la línea de producción se basa prioritariamente en la calificación y capacitación de la fuerza de trabajo. Es por ello por lo que la estrategia de desarrollo puesta en marcha por el gobierno de la República se basa en una profunda reestructuración del sistema educativo en todos sus niveles, que permita, entre otros objetivos, enfrentar el reto de fortalecer la competitividad internacional del aparato productivo de México y desarrollar una capacidad de inno-

vación y desarrollo de procesos y productos que permitan competir con ventaja en los dinámicos y cambiantes mercados del exterior.

La educación en ciencia y tecnología es la base para el crecimiento económico y el desarrollo industrial, y tiene como objetivo otorgar una formación profesional que se vincule cada vez más con los sectores productivos del país. Esto implica, además, hacer hincapié en el sentido esencialmente humanista de la educación, procurando acercar los objetivos, contenidos y métodos de la enseñanza a las necesidades de la producción de bienes y servicios, haciendo posible con ello el trabajo humano eficiente y el desarrollo del hombre.

Bajo estas líneas de acción, la modernización educativa contempla las perspectivas de las políticas nacionales en ciencia y tecnología orientadas, de acuerdo con los objetivos del Plan Nacional de Desarrollo, hacia la defensa de la soberanía y la promoción de los intereses de México en el mundo, la ampliación de la vida democrática, la recuperación económica con estabilidad de precios, y el mejoramiento productivo del nivel de vida de la población.

Entre los principales objetivos de política científica se encuentran: mejorar y ampliar la formación de recursos humanos para la ciencia y la tecnología; articular la actividad científica del país con las corrientes mundiales del conocimiento, y contribuir al entendimiento de la realidad y de los problemas nacionales en las diversas áreas de la actividad científica. Señala también que la política tecnológica se enfocará a la consecución de los siguientes objetivos: elevar la capacidad tecnológica del país para atender las demandas de bienestar de la población, asegurar la participación complementaria de los productores y del gobierno en el desarrollo tecnológico, y apoyar con tecnologías modernas y adecuadas a las condiciones y perspectivas del crecimiento económico y productivo.

Respecto a la formación de recursos humanos que faciliten la adquisición, adaptación, difusión y desarrollo de tecnologías modernas, se señala como prioritario fomentar el desarrollo de una fuerza de trabajo con productividad y capacidad innovadora crecientes, con la diversidad y la calificación que demanda el nuevo entorno tecnológico y productivo internacional, así como promover en la juventud y la sociedad en general una valoración más profunda de la importancia de la ciencia y la tecnología en el mundo actual.

En este contexto el papel de la educación profesional técnica cobra una especial relevancia, pues constituye un medio para adquirir conocimientos, habilidades y actitudes hacia el mundo del trabajo, pero también un método para lograr el desarrollo personal e intelectual. Esta educación

es además un medio de movilidad social y permite también tomar conciencia de las condiciones del desarrollo tecnológico del país y, lo que es aún más, hace posible el surgimiento de vocaciones innovadoras y de participación activa en los procesos productivos del país.

#### FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS PARA LA PRODUCCIÓN Y EL DESARROLLO

La formación de recursos humanos constituye, sin duda, el aspecto modular de cualquier programa de desarrollo; pero cuando éste se encuentra además inmerso en un proyecto de cambio estructural y en la dinámica de las innovaciones y transformaciones tecnológicas, la importancia de esta estrategia es aún más significativa, porque de ella dependen en gran medida la eficacia y el éxito de estos programas.

Es un hecho indiscutible que los países desarrollados tienen un grado de escolaridad promedio de 9 a 10 grados y que sus programas de formación, entrenamiento y capacitación tecnológica son un factor fundamental para elevar la productividad y eficiencia de su aparato productivo.

Con estos criterios y bajo estas mismas perspectivas, desde hace algunos años la política educativa se ha orientado a intensificar los proyectos encaminados a fortalecer la educación científica y tecnológica, haciendo hincapié en la importancia de impulsar su vinculación con las necesidades y requerimientos del desarrollo nacional.

Ante la urgencia de reorientar y revalorar las profesiones técnicas en función de los requerimientos de los sectores productivos nacionales y regionales, y como respuesta tanto para la población demandante de estudios como para atender las necesidades del mercado laboral mediante la preparación del personal profesional calificado a nivel postsecundario que demande el sistema productivo del país, surge el Colegio Nacional de Educación Profesional Técnica (Conalep) a finales de 1978, organismo público descentralizado del gobierno federal con personalidad jurídica y patrimonios propios.

Su modelo educativo fue estructurado con criterios de flexibilidad para propiciar la revisión permanente de sus planes y programas de estudio así como su adecuación a los requerimientos específicos de formación de profesionales técnicos, tanto en características como en conocimientos, habilidades y destrezas. La formación que ofrece propicia la incorporación inmediata de sus egresados al campo ocupacional.

El Programa para la Modernización Educativa resalta la necesidad



de fomentar la educación media superior tecnológica orientándola a la formación de los recursos humanos necesarios para el aparato productivo y adaptándola a los rápidos cambios de la ciencia y la tecnología en un mundo cada vez más complejo. Aunado a ello, plantea que la educación profesional técnica deberá flexibilizar sus estructuras para brindar una actualización permanente a sus egresados, que evite la obsolescencia de sus conocimientos y habilidades. Estas acciones se están realizando en el marco de la modernización tecnológica, y procurando fórmulas que permitan a nuestro modelo educativo satisfacer las necesidades de progreso técnico y científico y dotar al desarrollo de una dimensión esencialmente humana.

En tal sentido y de acuerdo con su Programa de Modernización, el Conalep realizó una revisión de su sistema educativo, que comprendió desde el análisis de planes y programas de estudios, los cambios estructurales en los que se engloban los aspectos de planeación, operación y vinculación, hasta la modernización de su modelo institucional, que está conformado de manera que se orienta hacia la atención de los requerimientos de recursos humanos calificados que plantean los sectores productivos y de servicios, y su diseño se fundamenta en el concepto de educación para el desarrollo, misma que está relacionada con el enfoque estratégico y tiene que ver fundamentalmente con las bases de la tecnología y el conocimiento científico, pero también, y de manera prioritaria, con las perspectivas económicas del país.

A partir de estas líneas de política educativa, el Colegio ha reorientado su función sustantiva en el marco de su reforma académica hacia la integración de un Sistema para la Formación de Recursos Humanos para la Producción y el Desarrollo, que conforma el Nuevo Modelo Educativo Conalep, el cual está integrado por los siguientes servicios educativos: Programa Educativo Regular; Programa Modular de Formación Profesional Técnica; Programa de Actualización Tecnológica; Programa de Especialización Técnica; Programa de Capacitación "para" y "en" el Trabajo; y, Programa de Capacitación de Tecnología Avanzada.

Con esta flexibilidad del modelo educativo se pretende que los egresados estén en condiciones de incidir eficientemente en los incrementos a la productividad, y de contribuir además a disminuir el desequilibrio que plantea la formación de profesionistas frente a la de técnicos de alto nivel, en virtud de que el sistema educativo produce entre dos y tres veces más ingenieros que técnicos medios, mientras que la demanda real de recursos humanos calificados exige la relación inversa.

Por otra parte y en la perspectiva de estrechar la vinculación entre la

educación y la producción se ha considerado prioritario impulsar acciones de asistencia técnica y desarrollo tecnológico que permitan proporcionar los recursos para entrenamiento, educación continua y asistencia técnica que estimulen el desarrollo y crecimiento de la industria ya establecida, así como alentar la instalación de nuevos proyectos tecnológicos.

Asimismo, como una estrategia fundamental de esta vinculación con el sector productivo y con el propósito de aumentar la oferta educativa de la Institución, preferentemente en ramas de la actividad económica no atendidas o prioritarias para el desarrollo a nivel regional, estatal y nacional, se están llevando a cabo encuestas para la detección de necesidades de formación de recursos humanos, así como de asistencia técnica y desarrollo tecnológico, a través del Sistema de Información Estadística de Servicios, utilizando también modalidades de planeación de estudios econométricos por rama de actividad económica e industrial, con el propósito de establecer un banco de datos que permita reordenar la oferta educativa, creando las carreras que se requieran y adecuando las que actualmente se imparten para impulsar la producción, así como ofrecer nuevas alternativas de formación y capacitación de la fuerza laboral, en función del crecimiento y del desarrollo productivo y de la demanda del mercado laboral.

Con estas estrategias y acciones la educación profesional técnica se aboca en forma acelerada y de manera prioritaria al logro de los siguientes propósitos:

1. Revertir la estructura de la oferta educativa, dando impulso a la formación de los profesionales técnicos en el número y calidad que requiere el desarrollo nacional.
2. Continuar impulsando la vinculación, proporcionando respuestas rápidas y flexibles al sector productivo.
3. Incorporar los avances e innovaciones tecnológicas al proceso de enseñanza-aprendizaje.
4. Llevar a cabo acciones de extensión educativa y reciclaje profesional, ampliando y diversificando los cursos y servicios educativos que ofrece.

Éstas son, en síntesis, algunas de las acciones que consideramos prioritarias en nuestro país para impulsar la formación de recursos humanos a la luz de las perspectivas de la tercera revolución industrial y en los albores del siglo XXI, con la convicción de que la educación es, sin duda, la clave para alcanzar el bienestar social al que aspiramos como nación.

Con voluntad y firmeza el presidente Salinas de Gortari ha impulsado la transformación del Sistema Educativo Nacional en la búsqueda de una educación de calidad que nos permita aprovechar las oportunidades y

afrontar los retos que plantea el mundo contemporáneo. En esta tarea participa en forma solidaria la sociedad mexicana en su totalidad, bajo el principio de que en la educación radica el soporte fundamental e indiscutible para la modernización del país.

En consecuencia, la educación es el eje central de la política social y cultural del gobierno federal.

En consecuencia, la educación es el eje central de la política social y cultural del gobierno federal.

En consecuencia, la educación es el eje central de la política social y cultural del gobierno federal.

En consecuencia, la educación es el eje central de la política social y cultural del gobierno federal.

En consecuencia, la educación es el eje central de la política social y cultural del gobierno federal.

En consecuencia, la educación es el eje central de la política social y cultural del gobierno federal.

En consecuencia, la educación es el eje central de la política social y cultural del gobierno federal.

En consecuencia, la educación es el eje central de la política social y cultural del gobierno federal.

En consecuencia, la educación es el eje central de la política social y cultural del gobierno federal.

En consecuencia, la educación es el eje central de la política social y cultural del gobierno federal.

En consecuencia, la educación es el eje central de la política social y cultural del gobierno federal.

En consecuencia, la educación es el eje central de la política social y cultural del gobierno federal.

En consecuencia, la educación es el eje central de la política social y cultural del gobierno federal.

En consecuencia, la educación es el eje central de la política social y cultural del gobierno federal.

## EL PROBLEMA EDUCATIVO EN MÉXICO FRENTE A LAS TRANSFORMACIONES CULTURALES, POLÍTICAS, ECONÓMICAS, SOCIALES, TÉCNICAS Y CIENTÍFICAS

**Héctor Larios Santillán**

Agradezco al comité organizador, a las instituciones patrocinadoras y en especial a la Universidad Nacional Autónoma de México su invitación para participar en este Simposium, en el que presentaré algunas ideas sobre el problema educativo en México frente a las transformaciones culturales, políticas, económicas, sociales, técnicas y científicas en las que nos hallamos inmersos en la última década del siglo.

Ante de iniciar, quisiera hacer un digno reconocimiento a esta casa de estudios y a su rector, el doctor José Sarukán, por el esfuerzo que en estos años han realizado por adecuar y modernizar el sistema de enseñanza a las nuevas realidades. Como presidente de Coparmex he sido testigo de esta inquietud, al ser invitado ya a varios foros de discusión y análisis en los que se percibe una apertura a mejores condiciones de estudio e investigación.

Para referirme a la educación y con ello a la formación de valores humanos que se manifiesten en los avances científico-tecnológicos y la implicación que éstos tienen para con la sociedad mexicana, trataré de enmarcar primeramente la realidad cultural y educativa en nuestro país, para que de manera inmediata se contemple la formación académica y tecnológica aplicada a la reconversión industrial como necesidad y requisito del desarrollo económico y social que en estos momentos se contempla como aspiración del futuro inmediato.

El nivel educativo en nuestro país es muy bajo, pues se habla del tercer año de primaria en promedio, y en la descentralización no se ha avanzado; el diagnóstico inmediato en la demanda educativa se ha mostrado con una débil cobertura en sus diferentes niveles: únicamente del 50% en primaria; en secundaria, según la SEP, el 67%; en Bachillerato el 29%; en la licenciatura el 48%, y de éstos sólo el 27.5% se titulan; en maestría y posgrado, la eficiencia terminal es el 7.5 por ciento.

Por otro lado, al finalizar la década y aun en los inicios de esta última del siglo XX, la base de la educación primaria en el texto gratuito continúa, lo cual es inadmisibles que sea el único, pues desatiende los aspectos regionales y ambientales, así como los aspectos y la realidad inmediata del edu-

cando. Los objetivos didácticos y pedagógicos tanto del libro como de la guía magisterial son pobres por la falta de competencia entre investigadores y están opacados por la carga ideológica que representan. limitan mucho la capacidad creativa y de desarrollo mental de los alumnos y de los maestros, lo cual conlleva un empobrecimiento de la enseñanza.

No obstante los serios problemas por los que atraviesa nuestro sistema educativo, el comportamiento de muchos docentes presenta problemas de ausentismo e incumplimiento de sus funciones, entre otros motivos por la búsqueda de posiciones políticas, por doble puesto y, en general, por falta de compromiso que refleja deficiencias formativas o vocacionales. Existe, además, falta de vinculación entre docencia e investigación.

Por otro lado, gran parte de los estudiantes y de la sociedad en general no valora el costo real de la educación, y desafortunadamente este oneroso gasto económico no rinde los frutos suficientes.

En síntesis, el actual sistema educativo no está preparado para satisfacer las necesidades del país, ni es congruente con el perfil de especialistas requeridos y el número de egresados que precisa nuestro desenvolvimiento, ni va al ritmo de los cambios que se producen en todo el mundo en materia de ciencia y tecnología, ya que la infraestructura de la educación es insuficiente para enfrentar la competencia internacional.

De hecho, los organismos que integran la Comisión de Educación del Sector Empresarial, así como las empresas asociadas a las entidades que los agrupan, han llevado a cabo, desde tiempo atrás, diversos actos de concertación y vinculación con el sector educativo.

En lo referente a educación tecnológica citaremos algunos casos concretos como: los convenios firmados entre Coparmex Conalep y Coparmex-Empes, en los cuales la Confederación se obliga a impartir programas de educación de la empresa con el fin de motivarlos hacia el autoempleo, como alternativa al término de su formación.

También existen convenios amplios y diversos entre las confederaciones empresariales e industriales con las instituciones educativas, cuyo objetivo es orientar y fomentar en el estudiante la capacitación necesaria acorde con las necesidades industriales actuales, principalmente para fortalecer a los agentes de cambio como deber ineludible del futuro de nuestro país.

La dinámica tecnológica con humanismo y con respeto a los derechos y dignidad del hombre deberá estar al servicio de la sociedad; México requiere de una educación que tenga por fundamento el conocimiento de la verdad y uso de la técnica y de la tecnología en beneficio de su comunidad que una, sirva, forme, represente y defienda a los mexicanos.

Para superar las deficiencias educativas y promover la vinculación del

sector educativo con el empresarial, externo una serie de propuestas, a fin de que este último no sea considerado en ningún caso como simple aportante económico o proveedor de equipo, sino como impulsor de ejecutivos a la cátedra, e involucramos a los consejos de instituciones educativas con verdadero espíritu de colaboración. Queremos demostrar que no sólo nos interesa la educación particular, sino que podemos coadyuvar también con la educación oficial.

Por todos los argumentos aquí expuestos, Coparmex hace hincapié en las siguientes propuestas:

- Encauzar más todavía las investigaciones de los centros especializados (como Conacyt, Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN, Instituto de Investigaciones de la UNAM y centros de investigaciones privadas) hacia las soluciones de los problemas que tiene el país, y a mejorar la calidad del sistema educativo.

- Impartir cursos de capacitación, tanto a la planta administrativa como a la docente, para lograr mayor eficiencia y eficacia. Al respecto, el sector empresarial podría colaborar.

- Integrar en forma permanente a un representante de la comisión educativa del sector empresarial a la Comisión Nacional de Libros de Texto.

- Involucrar más a los padres de familia de todo el país en la educación integral de sus hijos.

- Vincular adecuadamente los planes y programas de estudio a las necesidades inmediatas y prioritarias del país. El sector educativo tiene en sus planteles una futura fuerza de trabajo para el desarrollo nacional cercana a los dos millones de técnicos y profesionales. Cuenta con una amplia red de universidades, tecnológicos, planteles de educación técnico-profesional y técnico-medio y centros de capacitación para el trabajo. Esta infraestructura representa un enorme potencial para la transformación de la industria nacional. Vinculado a la imaginación, al esfuerzo del empresariado mexicano, será un instrumento fundamental, eficiente para la modernización del país en beneficio del bienestar colectivo.

- Estimular el cumplimiento del servicio social, y orientar eficientemente ese cumplimiento.

El sistema educativo es elemento trascendente para modificar e implantar nuevas formas de vida que promuevan el bienestar y convivencia de la familia mexicana en todas sus ocupaciones socioeconómicas, por lo que es imprescindible que las propuestas antes enunciadas sean consideradas por autoridades y estudiantes con el único fin de eliminar acciones que en su momento funcionaron, pero que en la actualidad, de continuar con esta modalidad, quedaremos relegados ante el contexto mundial.

Los empresarios y los que están a cargo de las instituciones de educación superior habremos de propugnar por un concepto de educación integral donde entendamos al hombre y su entorno como un todo: la educación en este sentido deberá traducirse en una búsqueda constante de superación, desde el punto de vista de nuestros principios, valores, actividades, comportamiento y espíritu de servicio.

En este contexto los cuadros directivos de las empresas nacionales requieren una mayor capacitación y acceso a las modernas técnicas de administración y tecnología que les permitan ser competitivas con las de otros países. Al mismo tiempo, es necesario que la preparación universitaria dote a los futuros empresarios, y aun a los que ya están en la actividad productiva de recursos, para enfrentar las cambiantes situaciones de nuestro tiempo.

El país requiere con urgencia de cambios que den por resultado un incremento sustancial en el nivel académico; necesitamos un marco que suscite en el alumnado la aspiración por el progreso económico, político y social, acorde con nuestra cultura y oportunidades, que estimule eficientemente la libertad de emprender para lograr el desarrollo y esté orientada para satisfacer las necesidades del país, así como asimilar la tecnología constantemente cambiante en el mundo moderno. En fin, lograr tener conciencia clara de que lo que hagamos en el terreno educativo es la pieza clave y más relevante para poder obtener una mayor competitividad, pues la educación forma al hombre y provee a la empresa y a la nación del insumo más valioso: "el capital humano."

Los egresados de nuestras universidades deberán, por tanto, tener una sólida formación humana, el conocimiento y habilidad para observar procesos, analizar, interpretar y tomar decisiones, un conocimiento general del mundo, habilidad para trabajar en equipo y aceptar responsabilidades, habilidad para aprender continuamente y ajustarse a los cambios.

Pero la universidad no únicamente tiene conexión con el sector empresarial, en un ámbito que les es más propio, tiene el reto enorme e indispensable de cambiar la actitud de los maestros, ampliar su visión, para que tengan plena conciencia de las transformaciones que en nuestro país se están realizando y de las todavía mayores que se requieren para llegar al tercer milenio como país integralmente moderno y competitivo. Sólo así será posible lograr en los educandos una actitud de aprecio por los valores inherentes al trabajo: libre compromiso y responsabilidad, laboriosidad y ahorro, competencia y calidad, productividad y descanso, espíritu emprendedor y de servicio. Es a través de los maestros como se podrá reactivar la educación en México, sobre todo en las universidades. Es ahí, en los cen-

tros de estudio, donde está el futuro del país. La responsabilidad también tiene que ser compartida con los responsables directos de transmitir valores y principios a los estudiantes. Aprovecho este evento para exhortarlos a llevar adelante esta misión.



## ESTRATEGIAS Y POLÍTICAS CIENTÍFICO-TECNOLÓGICAS Y FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

Carlos León Hinojosa

La ciencia y la tecnología del mundo contemporáneo progresan a un ritmo sin precedente, modificando con gran dinamismo el estilo y forma de vida de la sociedad, y la posición competitiva de empresas, industrias y países. Esta característica de la situación mundial ha exigido una pronta y eficaz modernización de las políticas nacionales en ciencia y tecnología, que parten del reconocimiento de que nuestro país tiene un gran rezago en estos ámbitos.

El fortalecimiento de la ciencia y la tecnología es urgente y debe acentuarse en los próximos años, dada la necesidad de elevar la calidad de vida de los mexicanos, acelerar la participación eficiente de la economía nacional en la internacional y superar la inconveniencia e imposibilidad de mantener indefinidamente la operación del aparato productivo sobre la base de insumos y mano de obra baratos.

El crecimiento futuro de la productividad y por lo tanto de los salarios reales, dependerá fundamentalmente de la modernización tecnológica del país. En otras palabras, es hacer más productivo el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología (Sincyt), mejorando la coordinación de la ejecución de la política nacional científica y tecnológica, en las siguientes funciones del Sincyt:

*Investigación científica*, a través de la cual se generan nuevos conocimientos sobre el hombre, la naturaleza y la sociedad, y normalmente se vincula con la formación de recursos humanos.

*Desarrollo tecnológico*. Con esta función se generan conocimientos en respuesta a demandas sociales y económicas específicas, incorporando como insumos los resultados de la investigación científica y el desarrollo experimental. La transferencia de tecnología es una parte fundamental del desarrollo tecnológico y comprende, entre otros, los mecanismos de selección, negociación y adaptación de tecnología tanto nacional como extranjera.

*Difusión*. Es la función que incorpora los mecanismos relacionados con la vinculación entre la oferta y la demanda de ciencia y tecnología, que tiene como objeto transmitir los conocimientos generados por la investiga-

ción científica y el desarrollo tecnológico como parte oferente, a la demanda constituida por los sistemas económico, social y cultural.

*Innovación tecnológica*, a través de la cual se incorpora el conocimiento científico y tecnológico generado localmente o el que proviene del extranjero como elemento adicional a los factores de la producción, para elevar la calidad de los productos y servicios y mejorar la productividad de los procesos, buscando su competitividad tanto en los mercados nacionales como en los extranjeros.

Para el desarrollo de estas funciones, el Sincyt cuenta con una serie de mecanismos de apoyo, entre los cuales se pueden citar:

a) Los servicios de ingeniería y consultoría, normalización y control de calidad, y registros de propiedad industrial, transferencia de tecnología y patentes;

b) La planeación, regionalización, administración y financiamiento y cooperación internacional de la investigación científica, el desarrollo tecnológico y la formación de recursos humanos, y

c) Los sistemas de información y comunicación social para la divulgación de la ciencia y la tecnología.

## ESTRATEGIAS

La estrategia fundamental del Sincyt es su modernización, entendida como una mayor apertura del mismo al contexto socioeconómico nacional e internacional, lo que permitirá incrementar la capacidad científica y tecnológica del país, al promover el cambio de estructuras de los elementos que conforman al Sincyt, fomentando la libertad, creatividad e iniciativa de los investigadores.

En este sentido, el quehacer del Sincyt se debe orientar a:

1. Desarrollar la investigación científica, para atender las demandas sociales prioritarias de agua, alimentación, desarrollo regional y urbano, salud, educación y protección al medio ambiente, establecida en el Plan Nacional de Desarrollo; así como las que se deriven del Programa Nacional de Solidaridad, mediante la acción coordinada de todas las entidades y dependencias que conforman el Sincyt.

2. Fomentar las funciones de desarrollo tecnológico, enfatizando los procesos de selección, negociación, adaptación y difusión de tecnologías nacionales y extranjeras, para aplicarlas en el sector productivo y promover la innovación tecnológica, a fin de fortalecer la productividad y competitividad del campo, la industria y los servicios.

3. Fomentar el desarrollo tecnológico en las áreas prioritarias de biotecnología, nuevos materiales, electrónica avanzada e informática, y nuevos procesos de manufactura con proyección estratégica a la solución de los problemas nacionales en el sector productivo.

4. Propiciar el uso de nuevas tecnologías en la ampliación prioritaria de la infraestructura de energía, telecomunicaciones y transportes, para aumentar la eficiencia y mejorar la calidad de sus servicios y apoyar el crecimiento sostenido de la actividad económica.

5. Fortalecer la capacidad de investigación y la formación de recursos humanos especializados en ciencia y tecnología, con énfasis en las áreas prioritarias para el desarrollo económico y social, para consolidar y ampliar la capacidad científica y tecnológica del país.

6. Fortalecer la formación de investigadores y especialistas y asegurar su incorporación y permanencia en las instituciones de educación superior y centros de investigación del país, mediante becas; mejorar la remuneración económica a los investigadores, estancias en el extranjero y apoyos para su participación en eventos académicos y científicos.

7. Establecer los mecanismos que permitan asegurar que las actividades relacionadas con la formación de recursos humanos estén integradas con las de investigación y desarrollo, a fin de dar respuesta a los requerimientos del sector productivo y a las prioridades sociales del país.

8. Regionalizar las actividades de investigación y desarrollo por medio del fortalecimiento de los mecanismos de coordinación, inducción y concertación con los diversos sectores de la sociedad. Esta búsqueda de lo nuevo permitirá aumentar la articulación y promoción de la oferta científica y tecnológica con el sector productivo, dinamizando la vinculación entre la oferta y la demanda de la investigación y el desarrollo.

9. Establecer nuevos sistemas administrativos que simplifiquen y agilicen los instrumentos jurídicos administrativos, en un sentido más de orientación que de regulación, y que fomenten formas innovadoras de pensar y de actuar para fortalecer la investigación, el desarrollo y la formación de recursos humanos, así como el flujo y la difusión de los conocimientos científicos y tecnológicos.

10. Adecuar los criterios y procedimientos de asignación de los recursos públicos destinados a ciencia y tecnología, asegurando el uso eficiente de los mismos, con el fin de incrementarlos en función de su relevancia para el sector productivo y la atención a las prioridades nacionales. Así mismo, fortalecer los procesos de concertación con el sector productivo para estimular su participación en el financiamiento de la investigación, el desarrollo y la formación de recursos humanos.

11. Difundir socialmente el conocimiento científico y tecnológico, a través de nuevos mecanismos de divulgación, a fin de inducir una cultura científica y tecnológica en todos los niveles de la población.

12. Promover el uso intensivo de nuevas tecnologías de la computación y las telecomunicaciones, lo que permitirá ahorrar energía, tiempo y distancia, apoyando la regionalización y el desarrollo de los sistemas administrativos y financieros para la ciencia y la tecnología.

13. Facilitar el acceso de los investigadores a los bancos de información especializada, tanto nacionales como extranjeros, y promover la vinculación eficaz de la oferta y la demanda de investigación y desarrollo. Por otra parte, la informática será un instrumento de apoyo a la planeación y evaluación de las actividades científicas y tecnológicas.

14. Fortalecer la cooperación científica y tecnológica internacional, dentro del esquema global de la economía, mediante acciones de intercambio científico y tecnológico, para favorecer el flujo y difusión del avance científico y tecnológico y apoyar la formación de recursos humanos.

## POLÍTICAS

En lo referente a las políticas, se debe mencionar que si bien ha habido avances importantes en materia de planeación científica y tecnológica, también es cierto que los instrumentos de política establecidos para orientar y regular las actividades de investigación y desarrollo no han ofrecido los resultados esperados, debido, entre otras cuestiones, a deficiencias estructurales en el conjunto de los mismos, y los proyectos de ciencia y tecnología no obedecen a un patrón de prioridades y jerarquías acorde a las necesidades socioeconómicas de la población.

Lo anterior trae como consecuencia una baja eficiencia en la aplicación de los recursos asignados por parte del Ejecutivo Federal. Tal situación conlleva la necesidad de acelerar los procesos de modernización, vistos como un profundo cambio estructural orientado a dotar al Sincyt de la flexibilidad en su posibilidad de respuesta a los objetivos nacionales y una amplia apertura a su contexto político, social, cultural y económico, tanto a nivel nacional como internacional. En este sentido, el desarrollo científico del país debe tomar en cuenta:

- El aumento gradual y sostenido al monto de recursos públicos que inciden en la actividad científica, de tal manera que durante el periodo del Plan Nacional de Desarrollo 1989-1994 crezcan sensiblemente la cantidad y la calidad de las infraestructuras física y humana utilizadas en este cam-

po, a lo cual coadyuvará la atracción de recursos privados en la medida que la comunidad científica oriente su trabajo, en los casos que así proceda, a la solución de problemas vinculados al desarrollo nacional de largo plazo.

- El establecimiento de programas permanentes de mejoramiento y actualización para los profesores de carrera de ciencias básicas e ingenierías en las licenciaturas, dando reconocimiento y estímulo especial a los investigadores que participen en dichos programas.

- El perfeccionamiento de los mecanismos de evaluación de los programas de formación de recursos humanos, de fomento al posgrado nacional y de proyectos de investigación científica para continuar, reforzar o cancelar, en su caso, los apoyos otorgados, siempre en función de los resultados obtenidos.

- La creación en los programas de formación de recursos humanos de condiciones que aseguren que los becarios en áreas científicas se incorporen, al término de sus estudios, a grupos institucionales de investigación con productividad comprobada.

- El apoyo al fortalecimiento de grupos de investigación ya establecidos que hayan demostrado su capacidad tanto en la producción científica como en la formación de investigadores de alta calidad. Asimismo, se deben apoyar la formación de nuevos grupos de investigación en áreas y proyectos prioritarios en los que medie compromiso de instituciones académicas de asegurarles un ambiente propicio para el desempeño de sus funciones, a fin de retener en el país el talento científico hasta ahora propenso a emigrar a centros de investigación del extranjero.

- El reforzamiento de las acciones conducentes a una eficiente descentralización de las actividades científicas, y el apoyo al establecimiento de proyectos de investigación de carácter multidisciplinario e interinstitucional, en los que participen grupos de investigadores de diversas entidades nacionales cuyas actividades incidan en un problema común específico.

- El fomento al regreso de los científicos mexicanos radicados en el extranjero, mediante incentivos que les permitan incorporarse eficazmente a grupos de investigación ya existentes en nuestras instituciones.

- La promoción al establecimiento de convenios de cooperación con instituciones nacionales y extranjeras que permitan a los investigadores mantenerse actualizados en las áreas prioritarias para el desarrollo nacional.

Por otra parte, la política para promover el desarrollo tecnológico del país debe sujetarse a profundos cambios acordes con el aumento de la productividad y de la competitividad requeridos, para la recuperación del crecimiento económico. En esta materia el objetivo fundamental es inducir

una rápida y eficaz modernización tecnológica del aparato productivo nacional, para lo cual la política tecnológica que hasta ahora ha hecho hincapié en el aspecto de investigación y desarrollo habrá de diversificarse hacia los campos de adquisición y difusión eficientes de tecnología.

Así, la vinculación explícita de las estrategias e instrumentos de la política tecnológica con los requerimientos del aparato productivo nacional constituirá el elemento primordial de la modernización en este ámbito, para lo cual es necesario:

- Introducir cambios en la normatividad y en los esquemas de financiamiento de los centros de investigación con orientación tecnológica del sector público y universitario, para que encaucen sus actividades hacia la prestación directa de servicios a empresas de los sectores público, social y privado. Dichos centros deben motivarse para apoyar decididamente los esfuerzos de asimilación, adaptación y difusión de tecnología del aparato productivo nacional.

- Fomentar el financiamiento a la modernización tecnológica de las empresas del país, con base en esquemas de crédito y de capital ágiles, flexibles y técnicamente rigurosos.

- Fortalecer los acervos de información tecnológica, orientando y estimulando a las instituciones que los administran para que provean este servicio con eficacia a los usuarios de los sectores productivos, y promover, a la vez, la función de asistencia técnica y la consultoría de alta calidad de instituciones públicas y privadas, particularmente en beneficio de empresas pequeñas y medianas.

- Ampliar y mejorar la infraestructura educativa para aumentar, en calidad y cantidad, la enseñanza de las especialidades técnicas en los niveles medio, medio superior, superior, y emprender un esfuerzo sin precedente en materia de capacitación laboral, en el que se vinculen estrecha y eficientemente los programas de capacitación con la demanda de fuerza de trabajo especializada de las empresas en proceso de modernización tecnológica.

- Propiciar la agilidad y transparencia en los procedimientos de registro y protección de patentes y, con base en la Ley, garantizar los derechos de propiedad inherente a los avances tecnológicos.

- Fomentar de acuerdo con lo establecido en la Ley y su reglamentación un aumento de los flujos de inversión extranjera directa, ya que ésta constituye un vehículo efectivo para la adquisición de tecnología avanzada cuando se dan, como en nuestro país, condiciones de apertura al comercio internacional que propician la competencia entre empresas con base en mayor eficiencia y productividad.

- Otorgar, en el marco de las leyes aplicables, facilidades técnicas y administrativas para que las empresas adquieran eficientemente las tecnologías disponibles en los mercados internacionales.

- Promover la modernización del régimen de normalización y control de calidad de productos, de tal manera que se constituya en un factor de estímulo a la adquisición, asimilación y desarrollo de tecnología, evitando que se convierta en un instrumento arancelario de protección comercial.

Por último, debe subrayarse que el futuro avance científico y tecnológico del país dependerá en gran medida de su modernización educativa en todos los niveles.

Los conocimientos y habilidades que permiten desarrollar la base de recursos humanos en ciencia y tecnología se deben procurar desde la educación básica hasta el posgrado, atendiendo con especial interés los procesos de capacitación y formación profesional.

## ALGUNAS REFLEXIONES SOBRE EL PROBLEMA DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA EN MÉXICO

Virginia López Villegas

El mundo vive desde hace algunos años un proceso de integración e interdependencia donde figuran tres aspectos, entre otros, a considerar:

a) La declinación relativa de Estados Unidos en la economía internacional y el surgimiento de otros centros económicos y financieros, como es el caso de Japón.

b) Una nueva redistribución de la producción mundial en bloques económicos.

c) Una nueva revolución científico-tecnológica como eje de desarrollo económico de los países altamente industrializados en el nuevo orden internacional.

La incorporación de la sociedad mexicana a este proceso de modernización y globalización de su economía deriva en la necesidad de una redefinición de acciones políticas y económicas por parte del Estado mexicano, tendientes a promover el desarrollo de la ciencia y la tecnología como pilares para lograr su programa económico y político.

Ante esta perspectiva, México se enfrenta a la necesidad de planear, analizar y capacitar a fin de alcanzar un nivel mínimo de desarrollo socioeconómico. Se requiere por tanto un cambio de concepción y una reconfiguración de las acciones institucionales en los diferentes niveles contextuales de la tríada: ciencia-tecnología-industria, lo que representa demandas y retos específicos en la formación de científicos.

Las naciones altamente desarrolladas hacen del conocimiento un producto y un arma de riqueza y poder. Estos países establecen vínculos entre ciencia-tecnología-producción y gobierno-universidad-instituciones. Ambas trílogías son de hecho el soporte de su desarrollo científico y tecnológico.

En México, la comunidad científica debería desempeñar un papel importante como organismo consultor en la elaboración e instrumentación de una nueva estrategia para la investigación científica y tecnológica que sea el soporte de un desarrollo económico más o menos sostenido e independiente en concordancia con las necesidades prioritarias del país, a fin de que la ciencia y la tecnología no actúen al margen de la demanda social y asegurar de esta manera que el conocimiento sea de dominio nacional.



La sociedad mexicana y el gobierno en especial deberían tomar como prioridad instrumentar una política científico-tecnológica enmarcada en la estructura institucional a fin de estar en posibilidad de enfrentar los retos que conlleva no sólo el Tratado de Libre Comercio entre México, Estados Unidos y Canadá, sino en general el proceso de apertura y globalización a nivel mundial.

Esta relación Estado-investigación científica y tecnológica sólo será factible en un ambiente político democrático que propicie la participación ciudadana, a fin de que Estado y sociedad respondan a los profundos cambios económicos, sociales y culturales que emergen de esta transformación.

El discurso oficial plantea que el desarrollo de la ciencia y la tecnología debe de estar supeditado a la resolución de los problemas nacionales con respeto a los planes de desarrollo económico del país, dando prioridad a ciertas áreas de la ciencia. Sin embargo, considero que ésta es una visión parcial de la importancia del quehacer científico. Los centros de educación superior en el país deben estimular y diversificar el desarrollo de la ciencia en general, en todas las áreas —porque son necesarias—, no privilegiando unas en detrimento de las otras. La ambigüedad del lenguaje tecnológico puede afectar a las naciones atrasadas o ser un puntal de desarrollo si se llega a transferir o crear tecnología adecuada.

La investigación científica y tecnológica (entendida como capacidad de creación tecnológica, activa y formativa, que sea el soporte de un desarrollo autónomo y sostenido) es un elemento imprescindible para lograr la pretendida modernización nacional. El sistema educativo debe de reforzar la idea de promover la tarea de crear el saber, como un fin social, y no la simple recepción pasiva de los conocimientos. Esto implica establecer políticas concretas, de fondo, para apoyar cualitativa y cuantitativamente el avance de la investigación científica y tecnológica.

La experiencia ha demostrado que la transferencia de tecnología de hecho no resuelve los problemas, pues el discurso tecnológico, al igual que el del conocimiento, no son discursos neutros, sino que llevan implícitos los valores, las actitudes propias de los sistemas sociales en que se generan. Reflejan por lo tanto intereses políticos y económicos del país exportador. Esta transacción, aparentemente comercial, lleva implícito un proceso global de transculturación que debe ser seriamente valorado por su repercusión sobre la compleja relación entre identidad nacional, cultura y medios de comunicación masiva (radio, televisión, cine, discos). Ante este problema deben delinearse políticas de difusión de la ciencia que contribuyan a formar una cultura científico-tecnológica.

En décadas pasadas, por concepto de compra y transferencia de tecno-

logía externa México erogó divisas hasta en cincuenta veces la inversión total del país en investigación básica y aplicada propia. A pesar de este esfuerzo de transferencia, nuestro país no logró la modernidad ni el desarrollo ni la justicia social que pretendía. Y lo más grave es que esa tecnología importada no parece ser el vehículo o instrumento adecuado para enfrentar los retos de la apertura debido a varias causas, como son: falta de criterios selectivos en su elección y adaptación a las necesidades nacionales por ramas de la economía. Así, una parte importante de la deuda externa tanto pública como privada tiene que ver directa o indirectamente con dichas adquisiciones.

Ante este panorama, la situación científica y tecnológica en nuestro país se enfrenta a diversos problemas, a saber:

- a] el 90% de las patentes son de empresas extranjeras;
- b] la existencia de empresas nacionales frenadas por aspectos tecnológicos y financieros;
- c] falta de organización y presupuesto a programas de apoyo a la modernización tecnológica, y
- d] necesidad de una nueva estrategia política para la investigación científica y el desarrollo tecnológico.

Sin embargo, los centros de tecnología y ciencia de mayor importancia mundial se encuentran en los países desarrollados, que han establecido políticas proteccionistas que obstaculizan y frenan el flujo tecnológico a países en desarrollo, como es el caso de México. Algunas estimaciones señalan que México participa con menos del 1% en la generación de ciencia y tecnología mundial, y con alrededor de 0.4% de la producción científica que en conjunto celebran los tres países (México, Estados Unidos y Canadá), en términos de publicaciones científicas.

Ante esta situación se requiere de una transferencia de tecnología avanzada que permita su asimilación e incrementar el número de inventos propios para aplicarlos en la producción e incentivar la economía. Las modificaciones del Reglamento de Transferencia de Tecnología y la apertura comercial han despertado el interés de los empresarios en la competitividad, calidad, diseño y otros factores cuyo alcance depende del desarrollo tecnológico.

En el contexto internacional actual, el poderío nacional se sustenta en la superioridad económica y el dominio tecnológico, por lo que México sería desde esta perspectiva un país dependiente, consumidor e importador y no creador del conocimiento básico y aplicado que su desarrollo demanda. Cambiar esta realidad es el reto al que se enfrenta la sociedad mexicana actual.

## PRESENTE Y FUTURO DE LA EDUCACIÓN SUPERIOR PÚBLICA Y LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA EN MÉXICO\*

Salvador Martínez Della Rocca  
Imanol Ordorika Sacristán

La explosión abierta de la crisis y la instauración, a partir del gobierno de Miguel de la Madrid, de una política económica restrictiva y profundamente antipopular, han tenido repercusiones tan severas en la educación pública y el aparato nacional de investigación científica que, con base en las violentas contracciones salariales y presupuestales que el Estado ha impuesto a este sector en los últimos ocho años, podemos concluir que han logrado transformar a la crisis en un verdadero crimen contra la cultura nacional.

En una actividad tan importante para el desarrollo nacional como es la investigación, los efectos de este crimen, de esta política, son alarmantes. A diferencia de los países llamados desarrollados que destinan a investigación y desarrollo presupuestos que oscilan entre el 2 y el 5 % del PIB, en México, desde 1982, la tecnoburocracia gobernante viene asignando a este importantísimo rubro sólo el 0.35 % del PIB. En consecuencia, si en aquellos países existen entre 20 y 50 investigadores por cada 10 000 habitantes, en México la cifra se limita a sólo 2.4.

Si bien se puede argumentar que esta comparación es inadecuada, queremos señalar que países con desarrollo similar al nuestro como Corea del Sur, Cuba, España o Argentina poseen entre 5 y 10 científicos dedicados a investigación y desarrollo por cada 10 000 habitantes, es decir, de 2.5 a 4 veces más que nosotros, y en varios de estos países el gasto en este rubro supera el 0.5 % del PIB, cifra que casi dobla la nuestra.<sup>1</sup> La situación antes descrita nos muestra que el problema no radica sólo en la crisis, sino que es fundamentalmente de política económica.

Resultado de todo lo aquí expuesto es que nuestro país tiene un siste-

\* Estas notas forman parte del libro *UNAM: espejo del mejor México posible* que está por aparecer en coedición del Instituto de Investigaciones Económicas y la editorial Era.

<sup>1</sup> De la Peña Auerbach, Luis. "La investigación científica y la sociedad", en *Cuadernos del Congreso Universitario*, núm. 16, Conferencias Temáticas, 1990 y Arturo Bonilla. "La crisis, el subdesarrollo científico de México y la guerra económica mundial", en *ibid*.

ma científico sumamente reducido. De los 19 271 científicos que teníamos en 1984, y tomando como muestra el Sistema Nacional de Investigadores (SNI), sólo el 15% trabajan en el sector primario, 12% en el secundario y el 73% en el terciario (educación y salud).<sup>2</sup> Análogamente y con la sola intención de exponer las posibilidades y limitaciones para ampliar nuestro sistema o aparato científico, señalamos que en 1978 se graduaron 172 doctores en todo el país, de los cuales 83 se titularon en la UNAM. En contraste, Estados Unidos produce 31 000 doctores al año y, no obstante esta impresionante cifra, calculan que para el año 2006 tendrán un déficit de 400 000 investigadores.<sup>3</sup> En la medida en que las becas para maestría y doctorado continúen fluctuando entre los 400 000 y 900 000 pesos respectivamente, la fuga de cerebros de nuestro país tendrá en el vecino del norte un espacio razonable para acomodarse.

Afirmamos que son ellos, los integrantes de nuestra sociedad política, los responsables de este crimen a la cultura. Los datos nos muestran tendencias que sólo se conforman cuando existe una voluntad política que las sobredetermina e incluso las define. Es decir, el abandono del Estado a la educación pública es una acción deliberada basada en un marco teórico de política económica que concibe a la educación y a la investigación básica, particularmente la de ciencias sociales y humanidades, como un área no prioritaria para el desarrollo nacional.

En el actual modelo de desarrollo de crecimiento trasnacional, impuesto con el argumento de ser el único proyecto viable para superar la ya añeja crisis económica, todas las áreas de bienestar social que necesariamente deben acompañar y formar parte del concepto de “desarrollo económico” son consideradas de segundo orden y sólo se priorizan aquellas que, “a ojo de nuestros planificadores económicos”, garantizan o garantizarán un crecimiento “moderado pero constante”. En consecuencia, todas las partidas presupuestarias para salud, vivienda, alimentación y educación, entre otras, se han visto, desde 1982, gravemente reducidas.

Hablamos de crimen a la cultura nacional porque evaluando las cifras que aparecen en los informes, las tendencias de todos los rubros del sector educación pública, tales como matrícula, presupuestos, salarios y becas, han venido decreciendo en términos reales de manera alarmante desde el nivel de educación básica hasta posgrado e investigación. La situación que desde el sexenio pasado priva en la Universidad Nacional es un ejemplo

<sup>2</sup> *Ibid.*

<sup>3</sup> Pardo Semo, Annie. “Renunciar a la investigación es permitir fatalmente que nos conquisten a través del conocimiento”, en *Cuadernos del Congreso Universitario*, núm. 16, op. cit.

claro de lo aquí expuesto. En contraste y como complemento a esta política antieducativa, los actuales gobernantes continuamente expresan juicios apologeticos de la educación privada y se toma a ésta como el modelo a alcanzar. Así, en esta forma y con esta política, es como la práctica neoliberal intenta resolver el actual problema *educación-modernización*. Confundiendo interés nacional con interés privado y ante la incapacidad mostrada por la ausencia de un real proyecto educativo nacional, estos modernos paladines de la privatización pretenden dejar el problema educativo en manos de la iniciativa privada.

Ahora bien, todo proyecto político requiere, para su instrumentación, de un discurso que lo legitime. En el caso educativo, el discurso oficial ha sido incongruente y en algunos aspectos incoherente, anticultural y anti-humanista. Las supuestas justificaciones de las restricciones presupuestales a esta área han variado desde argumentos de carácter económico, como la carencia de recursos por la necesidad prioritaria de cubrir la deuda externa, hasta juicios aparentemente académicos como la utilización de los conceptos de planeación, excelencia y, últimamente, evaluación. Incluso se ha pretendido que los criterios de planeación y de evaluación se restrinjan, en el caso de la educación superior pública, a su mayor o menor articulación con el aparato productivo. Así, con base en esta "lógica académica" valores educativos como identidad, cultura y tradiciones nacionales son sustituidos por conceptos como eficiencia y productividad, cuya evaluación será definida desde la empresa. En consecuencia, los conceptos eficiencia y productividad serán utilizados discursivamente para legitimar o justificar restricciones en el crecimiento de las matrículas, recortes de grupos académicos, suspensión de proyectos de investigación, limitaciones salariales, estímulos especiales o presupuestos extraordinarios para "áreas productivas".

Este discurso neoliberal, eficientista y tecnoburocrático que es dominante en el actual bloque en el poder, ha tenido y tendrá repercusiones de suma gravedad sobre aquellas áreas que, como la estética, la filología, las letras, la filosofía o la historia constituyen una parte fundamental del concepto de Universidad, que conforman un subsistema central y definitorio de todas las universidades de nuestro país en lo general y de la UNAM en lo particular. Sin duda, disciplinas como las mencionadas difícilmente podrán articularse con el aparato productivo, y otras como la economía, la antropología o la sociología sufrirán serias distorsiones en sus prácticas de investigación si, como se pretende, se las evalúa con estos criterios de "modernidad". La aplicación de criterios productivistas y eficientistas a las ciencias sociales y a las humanidades como elementos o factores condicionantes

por parte del Estado para proporcionarles los recursos necesarios para su desarrollo es, en la práctica, instrumentar una política de aniquilamiento del pensamiento social.

Frente a estos criterios productivistas también sucumbirán disciplinas tan importantes como la astronomía, la historia y la filosofía de la ciencia, la biología y la física teórica, y muchas más.

Un ejemplo plástico. Si Homero viviera en este México de la "modernidad" seguramente saldría reprobado en la evaluación y no recibiría ningún estímulo a la productividad de parte de nuestras burocracias dirigentes porque, hasta la fecha, *La Iliada* y *La Odisea* nunca han producido una bicicleta, una *computer* o han servido para eficientizar una cadena de montaje.

El problema es de suma gravedad porque el discurso oficial de la "modernidad" confunde interés privado con interés nacional, educación con capacitación de cuadros o mano de obra, universidad con instituto tecnológico, empresa educativa con proyecto educador o cultura con civilización. Es grave porque el neoliberalismo del subdesarrollo se nos presenta como una concepción del mundo que piensa que se puede articular una nueva sociedad "moderna" prescindiendo del carácter crítico, descriptivo, predictivo y prescriptivo de las ciencias sociales y considera, además, que se puede vivir absteniéndose de otras concepciones que expresan verdades diferentes, no necesariamente cuantificables, que se transmiten a través del arte, de la literatura y de la poesía.

Humanidades y ciencias sociales son parte central de la definición más simple de universidad, o sea universalidad; y desde luego forman parte constitutiva de nuestras universidades, de nuestro sistema educativo, de nuestra nación. En un país pobre, como México, esta cultura universal solamente se puede enseñar y difundir a partir de un sólido sistema de educación pública, gratuita y de masas.

#### LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA EN LOS CENTROS DE EDUCACIÓN SUPERIOR: EL CASO DE LA UNAM

Como hasta la fecha el Conacyt no ha elaborado un nuevo inventario sobre la actividad científica en México, nos vemos en la necesidad de utilizar el inventario de 1984 para darnos una idea de las tendencias globales y de la participación de la universidad pública mexicana en la investigación científica que se desarrolla a nivel nacional.

En dicho inventario se afirma que en México, en 1984, existían aproximadamente 13 353 proyectos de investigación en proceso, de los cuales 3 344 estaban ubicados en el área de ciencias exactas y naturales, 3 189 en ciencias agropecuarias, 1 559 en ciencias de la ingeniería, 2 949 en ciencias médicas y 2 312 en ciencias sociales y humanidades. De estos proyectos 4 399 eran de investigación básica, 7 311 de investigación aplicada y 1 643 en desarrollo experimental y servicios en ciencia y tecnología, correspondiendo el 32.94% del total nacional a la básica, el 54.75% a la aplicada y el 12.3% a servicios en ciencia y tecnología.<sup>4</sup>

De todas las investigaciones que se realizaban en dicho año a nivel nacional, el 49.51% se hacía en instituciones pertenecientes a la administración pública federal y estatal y el 48.04% se llevaba a cabo por el sistema de enseñanza pública superior. De este apartado, el 17.48% lo realizaba la UNAM. En contraste, los centros de enseñanza superior privados participaban con sólo el 1.47% de la investigación que se realizaba a nivel nacional y la empresa privada con un lamentable 0.34 por ciento.

Es necesario resaltar que en ciencias exactas y naturales el sistema de educación superior público desarrollaba el 78.84% de la investigación nacional y la UNAM en particular llevaba a cabo el 37.65%. En ciencias médicas el 20.8% de la investigación se realizaba en los centros de enseñanza superior públicos, en ciencias de la ingeniería éstos participaban con el 49.97% y la UNAM con el 18.25 y en ciencias sociales y humanidades el sistema de educación superior pública realizaba el 71.78% de la investigación nacional en esta área y la UNAM desarrollaba el 24.41 por ciento.<sup>5</sup>

La Universidad Nacional, según el mencionado inventario, realizaba el 32.08% de la investigación básica nacional, pero en áreas más específicas su incidencia es definitoria. La UNAM realizaba en 1984 el 39.61% de la investigación básica en biología a nivel nacional, el 62.5% en química, el 54% en física, el 45.27% en matemáticas, el 75% en ciencias de la tierra, el 77.27% en astronomía, el 33.33% en oceanografía, el 69.23% en ingeniería mecánica, el 33.33% en comunicaciones, electrónica y aeronáutica, el 42.86% en ciencias políticas, el 100% en contabilidad, el 23.7% en economía, el 28.14% en historia, el 61.11% en filosofía, el 57% en informática, el 47.9% en lingüística y el 33.11% en sociología.<sup>6</sup>

La UNAM participaba con el 10.18% de la investigación aplicada que

<sup>4</sup> Los datos están tomados del libro *UNAM: espejo del mejor México posible*.

<sup>5</sup> *Ibid.*

<sup>6</sup> *Ibid.*

se realizaba en 1984 a nivel nacional. En ciertas áreas su participación es notable: en ella se hacía el 85.71 % de la investigación aplicada en astronomía, el 35.58 % en física, el 20.13 % en química, el 37.86 % en ciencias de la tierra, el 40 % en ingeniería civil, el 39.29 % en ingeniería mecánica, el 34.48 % en ciencia política, el 100 % en información, etcétera.<sup>7</sup>

En el sistema público de educación superior se lleva a cabo casi el 50 % de la actividad científica nacional. La participación que tiene la UNAM en dicho sistema es, sin lugar a dudas, esencial, ya que desarrollaba el 41.04 % de las investigaciones que se realizaban en este ámbito educativo. Analizando su participación por áreas vemos que en ella se hacía el 54 % de la investigación en ciencias naturales y exactas, el 52.27 % en ciencias médicas, el 37.8 % en ciencias de la ingeniería y el 34.8 % en ciencias sociales y humanidades, y si examinamos los datos por tipos de investigación encontramos que en la UNAM se hacía el 52.65 % de la investigación básica, el 30.51 % de la aplicada y el 29.6 % en desarrollo experimental y servicios en ciencia y tecnología.<sup>8</sup>

Con base en datos oficiales como el mismo inventario de Conacyt podemos constatar tendencias que con seguridad se mantienen hasta la fecha y que indican con nitidez la importancia de la UNAM para el desarrollo científico, tecnológico y cultural del país. En el Segundo Informe de Gobierno de Carlos Salinas de Gortari la significancia de la UNAM es ampliamente reconocida cuando se señala que de 1976 a 1990 ha desarrollado 36 696 proyectos de investigación científica y 1 518 de desarrollo tecnológico. De dichos proyectos, 16 022 han sido de ciencias exactas y naturales, 3 530 de ciencias de la ingeniería, 6 407 de ciencias médicas y 10 146 de ciencias sociales y humanidades. El dato es impactante y muestra con claridad el carácter nacional de la institución.<sup>9</sup>

Con el fin de abundar en información sobre la actividad científica y cultural de la UNAM, deseamos apuntar que en 1989 se desarrollaron 577 líneas de investigación, de las cuales 485 correspondieron a disciplinas científicas y 92 a humanidades. Asimismo se llevaron a cabo 2 000 proyectos de investigación científica y 800 de investigación en humanidades, y se produjeron en total 1 885 publicaciones en libros y ediciones periódicas, además de 2 194 informes y reportes especializados.

<sup>7</sup> *Ibid.*

<sup>8</sup> *Ibid.*

<sup>9</sup> *Ibid.*



## UNAM, FALSA DISYUNTIVA ENTRE LAS CIENCIAS

Tomemos de nuevo el caso de la UNAM. Si comparamos la investigación en ciencias sociales y humanidades con exactas y naturales, médicas e ingenieriles, podemos concluir que actualmente el 29% de la investigación que se lleva a cabo en ella es en humanidades y ciencias sociales y el 71% en lo que se autodefinen como "ciencias duras".

Estas proporciones muestran con claridad cómo el discurso tecnoburocrático oficial ha permeado a algunos sectores importantes de la burocracia universitaria. En su Primer Informe de Gobierno, el actual presidente de México expresaba:

En las instituciones de educación superior radican grandes posibilidades de contribución a la transformación nacional. Para que este cambio sea efectivo, es necesario concentrar esfuerzos que permitan vincular eficientemente la educación tecnológica con las demandas del sector productivo y atender las necesidades y prioridades nacionales.<sup>10</sup>

Y agrega: "Se apoyó la creación y consolidación de universidades en las entidades federativas; [...] y se otorgó prioridad a las carreras técnicas que promueven el desarrollo nacional."<sup>11</sup> Y concluye: "Por ello, especial atención se da a los programas de posgrado en áreas como química, metalurgia, petroquímica, ingeniería, biotecnología y computación."<sup>12</sup>

Este discurso, cuyo núcleo central es idéntico al del sexenio anterior, se reitera en el Segundo Informe de Carlos Salinas cuando afirma: "Se impulsó la investigación científica y tecnológica que se realiza dentro de las instituciones de educación superior..."<sup>13</sup>

Discrepamos en la concepción implícita del discurso que sustenta la tesis de que sólo la ciencia y la tecnología coadyuvan al desarrollo nacional, afirmación totalmente falsa. No obstante, ningún universitario se opondría a que se apoyaran estas importantes áreas. El problema se presenta cuando dicho apoyo se da en detrimento de otras áreas y en particular de las humanidades y las ciencias sociales.

En la UNAM, tomando como año base 1978, el presupuesto al Subsistema de la Investigación Científica y Tecnológica que en 1981 era de 857 millo-

<sup>10</sup> Salinas de Gortari, Carlos. *Informe Presidencial 1989*, p. 461.

<sup>11</sup> *Ibid.*, p. 461.

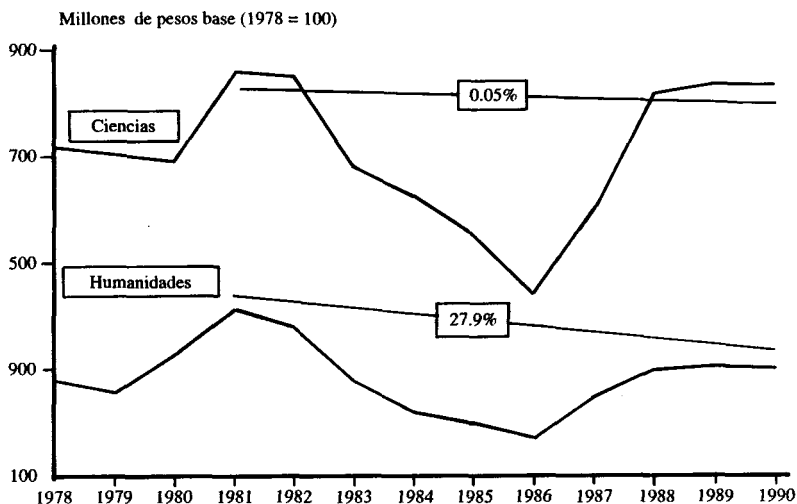
<sup>12</sup> *Ibid.*, p. 462.

<sup>13</sup> Salinas de Gortari, Carlos. *Informe Presidencial 1990*, p. 83.

nes de pesos, en 1986 llegó sólo a 439 millones; pero a partir de ese año empezó a crecer de manera sostenida hasta alcanzar la cifra de 828 millones en 1990. De esta forma, con base en un apoyo decidido la partida presupuestal de dicho Subsistema se redujo de 1982 a 1990 en sólo -3.35%, es decir, casi recupera su presupuesto real de 1981.

En contraste, el presupuesto asignado al Subsistema de Investigación en Humanidades y Ciencias Sociales que en 1981 era, a pesos de 1978, 411 millones de pesos, en 1990 se redujo a sólo 296 millones. Esto significa que, de 1981 a 1990, su presupuesto se contrajo en un preocupante -28 por ciento.<sup>14</sup>

#### PRESUPUESTO UNAM INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS Y HUMANIDADES



<sup>14</sup> UNAM: *Espejo...*, op. cit.

Esta "política académica" es inadmisibile y debe corregirse inmediatamente.<sup>15</sup> En su célebre "Homilía por la Cultura", don Alfonso Reyes señalaba de manera aguda y magistral:

Querer encontrar el equilibrio moral en el solo ejercicio de una actividad técnica, más o menos estrecha, sin dejar abierta la ventana a la circulación de las corrientes espirituales, conduce a los pueblos y a los hombres a una manera de desnutrición y de escorbuto [...] Y el desvincular la especialidad de la universidad equivale a cortar la raíz, la línea de alimentación. Cuando los especialistas, magnetizados sobre su cabeza de alfiler, pierden de vista el conjunto de los fines humanos, producen aberraciones políticas. Cuando los hombres lo pierden de vista, labran su propia desgracia.<sup>16</sup>

La política educativa oficial del sexenio anterior y el presente ha considerado que en el contexto de la crisis las ciencias sociales y las humanidades son un "lujo poco rentable". Algunas autoridades universitarias, haciéndose eco de estos lineamientos gubernamentales, han instrumentado dentro de la UNAM la misma política anticultural. Los datos antes expuestos demuestran responsabilidades claras y muestran con elocuencia la concepción que un sector oficial de la UNAM tiene sobre lo que Pedro Henríquez Ureña llamaba la "alta cultura".

Algunos miembros de la alta burocracia universitaria han pretendido legitimar esta acometida "académica" de descalificar y agredir financieramente, arguyendo una supuesta "crisis en el seno de las ciencias sociales".

Una vez más, en este modernismo subdesarrollado las palabras parecen sólo designar y no significar. Si por crisis de un cuerpo teórico entendemos la incapacidad de éste para analizar y explicar una situación o una nueva realidad socioeconómica, política y cultural concreta para "justificar" las reducciones presupuestales al Subsistema de Humanidades, tendrían primero que probar que este fenómeno sucede y con esto declarar

<sup>15</sup> Es evidente el hecho de que la investigación en ciencias exactas y naturales, por la infraestructura que utiliza (laboratorios y aparatos científicos de diversa índole) requiere de una inversión más elevada que la investigación en ciencias sociales y humanidades. Nosotros hacemos énfasis en las diferencias en el comportamiento de las tendencias presupuestales y no en el monto de los presupuestos asignados a cada área.

Sin lugar a dudas, los coordinadores de humanidades y los directores de facultades e institutos de esta área han permitido el deterioro de dichos presupuestos.

<sup>16</sup> Reyes, Alfonso. "Homilía por la cultura", en *Universidad, política y pueblo*, Colección Educadores Mexicanos, Editorial Textos en Humanidades, UNAM, 1987, p. 89.

que, además, no se tiene interés en que dicha crisis se supere. Es decir, para hablar propiamente de crisis de las ciencias sociales en la UNAM estarían obligados a demostrar que la economía, la sociología, la ciencia política, la historia, la filosofía y la antropología que se produce en nuestra universidad es de baja calidad, en el sentido de que no analiza ni produce estudios que coadyuven a comprender los fenómenos sociales, económicos, políticos y culturales internacionales, los nuevos desarrollos teóricos y los debates de actualidad en este mundo de la modernidad. En este mismo sentido tendrían que demostrar, con estimaciones precisas, que las investigaciones históricas, económicas, antropológicas, sociológicas, políticas, etc., que se llevan a cabo en la UNAM no analizan con el nivel requerido nuestra realidad nacional, tanto histórica como estructural y coyunturalmente.

Una investigación de este tipo, que supuestamente legitimara este abandono a las humanidades y a las ciencias sociales, no la han hecho ni los analistas del Estado ni los de la UNAM.

Tomando como año base 1978, la reducción presupuestal del Instituto de Investigaciones Económicas con respecto a 1979 fue, en 1990, de -27.73%; la del Instituto de Investigaciones Sociales de -42.96% y la del Instituto de Investigaciones Antropológicas de -9.7%. En contraste, y sin fundamento académico alguno, en términos reales el Instituto de Investigaciones Jurídicas tuvo un aumento en 1990 con respecto a 1979 de 35.5%, el de Investigaciones Históricas de 27.96% y el Centro de Estudios Sobre la Universidad gozó de un aumento en dicho periodo de 58.91 por ciento.<sup>17</sup>

Las cifras indican con nitidez que las decisiones tomadas a este respecto están ubicadas en el ámbito estrictamente político. Si deseáramos darles implicaciones en el orden académico nos veríamos en la necesidad de aceptar que desde hace años en las más altas esferas del gobierno universitario se sustenta, por alguna corriente del pensamiento científico, una nueva concepción de las ciencias sociales: su núcleo epistemológico no es ya la economía, la historia, la filosofía ni la sociología, sino que ahora, en la posmodernidad, dicho núcleo está constituido por la jurisprudencia, la historia y los estudios sobre la Universidad. En fin, paradojas del subdesarrollo de las cuales se puede concluir que para algunos importantes analistas de la burocracia universitaria los grandes problemas nacionales no son sociales o económicos sino jurídicos.

En otro orden de discusión, si por “crisis de las ciencias sociales” algún sector de las autoridades federales y universitarias entienden “baja en

<sup>17</sup> UNAM: *Espejo...*, op cit.

los niveles de producción”, esta apreciación sería totalmente inexacta. Con base en información oficial, podemos señalar que si en 1979 en la UNAM se realizaron 366 proyectos de investigación en humanidades y ciencias sociales, para 1990 el número de proyectos aumentó a 954. Es decir, de 1979 a 1990 hubo, no obstante las reducciones presupuestarias, un aumento en la producción de 160%.<sup>18</sup> En consecuencia el “costo laboral unitario” disminuyó de manera significativa, consiguiendo con ello cuadruplicar los productos terminales en investigación en proporción a los recursos que se destinan a la misma. Ni con esta nueva concepción productivista de “crisis de las ciencias sociales” se pueden justificar los mencionados recortes financieros a esta importantísima área del conocimiento.

Por último, si por crisis entienden “reducción violenta del presupuesto”, en esta definición sí estaríamos de acuerdo. Sólo que dicha crisis fue políticamente concebida, instrumentada y aplicada por ellos mismos, en oposición a la voluntad del cuerpo de investigadores que integran el Subsistema.

#### ARTICULACIÓN A LA PRODUCCIÓN, ¿NUEVO PARADIGMA?

Uno de los últimos y más reiterados argumentos que el gobierno federal ha venido esgrimiendo en su campaña para “justificar” su política de violentos recortes presupuestales a la educación superior pública y por ende a la investigación es el de la falta de articulación de las instituciones con el aparato productivo. El discurso parece incuestionable. Nos preguntamos, sin embargo, cómo podrían articularse a la producción actividades académicas como la filosofía, las letras, la historia, la filología y la estética. Todas ellas constitutivas del concepto más elemental de universidad: universalidad.

El condicionamiento de las autoridades federales merece algunos comentarios. En primer lugar, el problema de la articulación aparato científico-empresa no es una cuestión y una decisión que fundamentalmente compete a los centros de investigación.

La empresa, que durante décadas estuvo, desde el punto de vista económico, irracionalmente sobreprotegida, con leyes fiscales sumamente favorables a sus intereses y que sólo participaba con un ridículo 0.34% de la investigación que se realizaba en el país en 1984, ahora es, desde el punto

<sup>18</sup> *Ibid.*

de vista oficial, factor de definición tanto de los criterios de evaluación como financieros del presente y el futuro de la investigación científica en México.

Paradojas de la modernidad. La empresa mexicana, que hasta la fecha no ha logrado garantizar calidad, productividad, eficiencia, cumplimiento fiscal efectivo, oferta de empleo e inversión en investigación es colocada hoy como juez del desarrollo de la educación superior pública. Esto sucede cuando la política es la *transnacionalización* de la economía, que entre otros múltiples efectos implicará la importación de alta tecnología. Cuando desde hace una década se ha abandonado en términos presupuestarios a la educación pública se exige a la UNAM, como condición para asignarle recursos económicos suficientes, articularse a la producción, articularse con los intereses particulares de 37 individuos que a través de las empresas más poderosas de este país controlan el 22% del PIB, y que han demostrado no tener el más mínimo interés en el desarrollo nacional.<sup>19</sup>

Hemos intentado demostrar que la educación superior pública está articulada a la producción a partir de sus funciones tanto de docencia como de investigación. Si esta articulación no es más estrecha es por la falta de interés de una empresa, que no se ha propuesto mejorar sus niveles de calidad y productividad. Porque los requerimientos tecnológicos de la empresa transnacional están resueltos en sus países de origen. Y finalmente porque la investigación que desarrollan las instituciones de educación superior no responden al interés particular de optimizar las ganancias a costa, entre otras cosas, de los niveles de contaminación y de destrucción ecológica que ocasionan.

Entre 1913 y 1914 Pedro Henríquez Ureña señalaba:

El concepto general de Universidad es el de una institución destinada a cumplir fines de alta cultura y de cultura técnica. Teóricamente sobre todo para la opinión contemporánea, la Universidad quizás debiera destinarse sólo a la alta cultura, a la investigación y al conocimiento desinteresado; históricamente, sin embargo, nunca ha desatendido la cultura técnica y práctica que lleva el nombre de educación profesional.<sup>20</sup>

En términos contemporáneos, modernos diríamos ahora, las empresas

<sup>19</sup> Fernández-Vega, Carlos. "La élite del empresariado mexicano, *Perfil de La Jornada*, La Jornada 1 y 2 de abril de 1990.

<sup>20</sup> Henríquez Ureña, Pedro. *Universidad y educación*, Colección Educadores Mexicanos, Editorial Textos de Humanidades, UNAM, 1987, p. 46.

en los países capitalistas avanzados han instalado departamentos de investigación en donde se lleva a cabo la parte más significativa de la investigación tecnológica y de ciencia aplicada. En dichos países, las universidades pueden dedicarse sólo a la alta cultura, a la investigación y producción de conocimiento desinteresado, entendido como aquel que está "libre de toda traba".<sup>21</sup> "Los intereses de la Universidad moderna no son los de la propiedad privada sino los del bien público. [...] la Universidad no ha de ser una simple fábrica de títulos o una escuela que represente los intereses estrechos de una clase económica especial..."<sup>22</sup>

En México la empresa no investiga y las universidades realizan todo tipo de investigaciones. Unas responden al interés del capital y otras al del trabajo. En la Universidad se realiza, pues, investigación que responde al interés de la nación; básica y aplicada, en ciencias de la naturaleza y en las sociales y humanísticas, contestataria y de denuncia. Articular la investigación a los intereses de la empresa, a su lógica de maximizar utilidades, llevaría a orientar la investigación a un solo objetivo, y si este criterio se impone como condición oficial para aumentar los recursos económicos, el tránsito se daría, en la mayoría de los casos, casi de inmediato. Las instituciones educativas terminarían maquilando investigación para la empresa y perderían su espíritu crítico. Afirma Adorno que desde el "ser o no ser", la duda, el cuestionamiento y la crítica son la esencia de la Universidad, sinónimo de cultura, pensamiento y humanidad. Qué explicación se daría a la nación si se aceptara esa condición cuando, como señala Henríquez Ureña, "los capitanes de la industria pretenden acallar la voz de la investigación científica".<sup>23</sup>

Y concluye el mismo autor con brillantez: "el mal está, como se ve, en el poder excesivo que ejercen sobre la educación personas cuya competencia es discutible y cuyos intereses personales pueden parecerles más importantes que los de la cultura".<sup>24</sup>

Los universitarios han defendido la concepción amplia e integral de su Institución. La propuesta oficial es inadmisibles y fue derrotada después de una intensa discusión en la mesa de investigación y en el pleno del Congreso Universitario.

<sup>21</sup> *Ibid.*, p. 72.

<sup>22</sup> *Ibid.*, p. 73.

<sup>23</sup> *Ibid.*, p. 72.

<sup>24</sup> *Ibid.*, p. 73.

## CONCLUSIÓN

Las posibilidades actuales de desarrollo y transformación de la educación superior pública, y por ende de la investigación científica, dependerán en gran medida de la decisión de los propios universitarios y de su capacidad para lograr el establecimiento de un nuevo pacto social entre la Universidad y el Estado. Un pacto que reconozca la gran fuerza moral y académica de las instituciones públicas. Un pacto que garantice la responsabilidad financiera del gobierno hacia dichas instituciones.

Si revisamos el hecho de que en la nueva ley de inversiones extranjeras la educación aparece como un espacio abierto en un ciento por ciento a dichas inversiones, todo parece indicar que, en realidad, de lo que se trata es de instrumentar una especie de nuevo Plan Columbia o Plan Camelot para poner a la educación en concordancia con algunos de los requerimientos que ha planteado Estados Unidos para la firma del Tratado de Libre Comercio.

En 1950, Miguel Alemán, entonces presidente de la República, firmó un tratado tan secreto con Estados Unidos que ni el Senado de la República se enteró. Su objetivo fue:

Conforme a la letra y al espíritu generoso del famoso punto IV de Mr. Truman de ayuda técnica al extranjero, el gobierno de los Estados Unidos de Norteamérica se haría cargo de que México produjese por sí mismo los técnicos para su propio servicio y desenvolvimiento; mas como la técnica es una cuestión educativa, los Estados Unidos de Norteamérica se harían cargo de la educación en México [...] para cuyo objeto la embajada norteamericana tendría derecho a revisar los programas de educación, censurar los libros de texto, establecer inspecciones rutinarias en las escuelas y, en fin, hacer todo lo conducente para que la educación en México resultara fructífera en técnicos.

El plan se aplicaría primero en las escuelas superiores, pero como las secundarias son la fuente de las superiores, pues también en las secundarias; y como las primarias son el origen de las secundarias, pues también en las primarias. Total: El Departamento de Estado tomaría a su cargo la educación del pueblo de México.<sup>25</sup>

Con base en este plan, que se conoció como Columbia, se dismanteló todo el sistema educativo nacional-popular. Actualmente se pretende establecer criterios similares en el Tratado de Libre Comercio, para liquidar el

<sup>25</sup> Revista *Problemas de Latinoamérica*, vol. III, núm. 13, 20 de noviembre de 1956, p. 98.



sistema de educación superior público vigente y establecer en México sucursales de las instituciones educativas estadounidenses.

Esto no es precisamente el fin de la historia, pero se pretende poner fin a un proceso histórico que se inició con la Revolución mexicana y cuyo objetivo central ha sido la construcción de un tipo de nación independiente y democrática, en cuyo proceso constitutivo la educación pública, las misiones culturales, las normales rurales, la Normal Superior, el IPN y la UNAM han desempeñado un papel fundamental.

En esta lógica, la pretensión de imponer otro tipo de nación más integrada a la economía de Estados Unidos exige reestructurar el sistema educativo superior, para adecuarlo al actual contexto y necesidades de los nuevos "Estados posnacionales". Probablemente es en esta perspectiva en la que intentarán modificar la letra y el espíritu del artículo tercero constitucional.

Como señalamos antes, éste es el esquema del proyecto neoliberal. Entre éste y la realidad que habrá de prevalecer se encuentra la decisión de los universitarios de nuestro país. Sin duda alguna se avecinan tiempos de grandes cambios y conmociones; pero en medio de éstos, la opinión racional de la comunidad académica del país habrá de prevalecer.

## PROGRAMA NACIONAL DE CAPACITACIÓN Y PRODUCTIVIDAD 1990-1994

**Jaime Luis Padilla Aguilar**

### PRESENTACIÓN

El Programa Nacional de Capacitación y Productividad 1990-1994 procura integrar al conjunto de elementos que se consideran indispensables para la realización de un esfuerzo ejecutivo en la formación de los recursos humanos, para su incorporación a la actividad productiva y para el mejoramiento de la productividad en las empresas y en la economía en general, que contribuyan a superar la posición competitiva de México.

A través de los tres primeros capítulos se intenta precisar el carácter e importancia de estos temas. Se establece así, en primer término, un marco general de referencia en cuanto al alcance del Programa; se abordan después de manera sucinta las tendencias de la productividad tanto en México como en el escenario internacional, se destaca la magnitud de la brecha que se observa entre nuestro país y los países desarrollados y se apuntan, de manera muy general, los diversos factores que inciden con mayor fuerza en los niveles de productividad de la economía. Se reafirma, por último, el valor de este campo de la estrategia de modernización que propugna el Plan Nacional de Desarrollo y se proponen cinco objetivos básicos que orienten las diversas acciones tendientes a mejorar la capacidad productiva de los recursos humanos y a incrementar la productividad.

El cuarto capítulo define en cinco grandes temas los campos fundamentales de acción. Cada uno de ellos aborda un tema de particular importancia para el mejoramiento de la productividad y para procurar el desarrollo del potencial productivo de los mexicanos y sus posibilidades de realización personal a través del trabajo.

A diferencia de otras formas de presentación, se estimó conveniente, en el caso del Programa Nacional de Capacitación y Productividad, el incorporar en el análisis de cada tema no sólo una descripción de su importancia desde el punto de vista conceptual sino una mínima discusión de los aspectos que conforman nuestra realidad en cada caso. Se pensó que esta modalidad de presentación haría factible una mejor identificación y

relacionamiento de nuestros problemas con las líneas de acción que se proponen.

En el capítulo cinco final se examinan de manera general los aspectos operativos del Programa y los mecanismos de vinculación con otros programas y sectores.

#### MARCO GENERAL

El Programa parte del enfoque integral que da a la productividad el Plan Nacional de Desarrollo. Reconoce el papel relevante del avance tecnológico, la importancia de una mayor racionalidad en el uso del capital y de los recursos naturales, la necesidad de contar con mejores sistemas de información y de organización, y de generar un entorno económico propicio, como factores cruciales y determinantes de la productividad global.

No pretende, sin embargo, incursionar en detalle en estas áreas, que siendo importantes para impulsar la productividad son objeto de atención de otros programas sectoriales.

El concepto de productividad se plantea como un cambio cualitativo que permita a nuestra sociedad hacer más y mejor las cosas, utilizar más racionalmente los recursos disponibles, participar más activamente en la innovación y en los avances tecnológicos, abrir cauces a toda la población para una más activa y creativa participación en la actividad económica y en los frutos generados en la misma.

El elemento que se destaca por su importancia crucial en una mayor productividad es el trabajo humano. Es éste un factor decisivo y en ocasiones limitante en los esfuerzos orientados hacia el cambio estructural, la modernización y la productividad.

Al resaltar el papel de los recursos humanos en la productividad, el Programa asigna particular relevancia a la capacitación, entendida como un medio de acceso a los conocimientos y habilidades que permitan al trabajador un mejor aprovechamiento de sus capacidades y de los recursos a su disposición. Se concibe no sólo como un medio para lograr la mejor inserción del trabajador en la actividad económica, sino como una vía para dotarlo de mayores posibilidades de realización personal y de participación en el desarrollo integral del país.

Se parte de la premisa de que tanto la capacitación como la productividad son retos que no se pueden atribuir en exclusiva a la empresa, a la administración pública, al trabajador, o al empresario. Se requiere, por tanto, de una participación activa, consciente y concertada tanto de las institu-

ciones como de los sujetos directamente involucrados; por ello, el Programa se plantea como una tarea eminentemente participativa, en la que el Estado desempeña una función catalizadora.

#### TENDENCIAS DE LA PRODUCTIVIDAD Y FACTORES LIMITANTES

La discusión en el Programa se inicia con las tendencias de la evolución de la productividad en la economía mexicana que muestra, en la actividad industrial, una brecha considerable con las principales economías del mundo con las que México compite en los mercados internacionales.

La persistencia de esa brecha, el crecimiento extensivo de la producción, el uso ineficiente del capital y el modesto crecimiento que acusaron los factores asociados al mejoramiento cualitativo de los recursos humanos, a la innovación, al cambio tecnológico, o los mayores niveles de eficiencia administrativa, constituyen algunos de los rasgos más generales de la lenta evolución que ha observado la productividad.

El Programa distingue de manera esquemática los factores de mayor relevancia que han limitado el crecimiento de la productividad y que se refieren a las disparidades e insuficiencias de la estructura productiva, a la orientación de las políticas asociadas al proteccionismo industrial, a recursos humanos, así como a las actitudes y valores imperantes en el entorno social.

#### OBJETIVOS Y ESTRATEGIA

El Programa enfoca en particular la atención de los factores que han impedido desarrollar todo el potencial productivo y creativo de la población y plantea así los siguientes objetivos:

1. Elevar las capacidades, habilidades y aptitudes de la población para ampliar sus posibilidades de participación en la actividad productiva, mejorar sus niveles de vida y contribuir a un uso más racional y eficiente de los recursos de la sociedad.
2. Abrir cauces a la población trabajadora para una participación más activa y creativa en el proceso de producción y para desarrollar su capacidad de adaptación ante los retos del cambio tecnológico y la transformación de las estructuras productivas.
3. Contribuir al desarrollo de condiciones de trabajo idóneas que permitan al trabajador desempeñar su función en un medio más humano y

dentro de un entorno propicio a su realización personal en el trabajo, al desarrollo pleno de sus capacidades y al incremento de la productividad.

4. Fomentar una cultura y una dinámica social que promueva la productividad, la calidad y la eficiencia como formas de vida y de trabajo y como elementos sustantivos para la superación económica y el bienestar nacional.

5. Promover el desarrollo de vínculos de solidaridad que coadyuven al abatimiento del rezago social y al desarrollo de oportunidades de participación productiva de los grupos marginados.

La estrategia central del Programa, dentro del contexto general de modernización del país, consiste en dar el mayor énfasis a la formación y desarrollo productivo de los recursos humanos, y reconoce el papel decisivo que tienen éstos para lograr el cambio tecnológico y estructural del país.

#### CAMPOS Y LÍNEAS DE ACCIÓN

Para la consecución de los objetivos planteados, el contenido de las propuestas que incluye el Programa se agrupa en torno a cinco áreas o campos principales de acción. En primer término, se subraya la importancia determinante que ejerce la educación en la productividad; enseguida se plantea el fortalecimiento de la capacitación para la actualización, superación o readaptación ocupacional de la fuerza de trabajo; se propone después el impulso de un amplio movimiento de calidad y productividad que promueva una nueva conciencia en toda la población sobre el particular; en cuarto lugar se sugiere atender el mejoramiento de las condiciones generales en que se realiza el trabajo; y, finalmente, se plantea un conjunto de acciones para contribuir al mejoramiento de las capacidades productivas de los grupos más rezagados de la sociedad.

##### *Educación y productividad*

Las tendencias productivas a nivel mundial y las nuevas formas de organización del trabajo que surgen día a día como resultado de la dinámica tecnológica, asignan cada vez una mayor importancia a la capacidad intelectual de la fuerza de trabajo para participar de manera activa no sólo en la producción sino en el mejoramiento continuo de los procesos productivos. Se requiere de un nuevo perfil de la fuerza de trabajo, en el que serán indispensables cada vez más, en adición a habilidades específicas, una mayor

comprensión de la actividad productiva en su conjunto y del entorno en que ésta se realiza más allá del puesto de trabajo.

Es necesario, igualmente, otorgar una mayor importancia al mejoramiento de la calidad de la educación. Por ello se propone el establecimiento de objetivos educacionales explícitos a todos los sectores del proceso educativo y dar mayor atención a la enseñanza de las matemáticas y de las ciencias naturales, al desarrollo de las capacidades de comunicación y a los nuevos lenguajes de la modernización; la estadística y la informática.

Se proponen, por otra parte, la ampliación de las oportunidades educativas para la población en general, la flexibilización de los servicios destinados a la población adulta que no pudo completar su formación, así como el desarrollo de programas emergentes para incrementar la capacidad de retención del sistema de la educación básica y propiciar el desarrollo de una base de conocimientos más sólida en la que puedan fincarse ulteriormente los procesos permanentes de capacitación, adiestramiento y formación profesional.

El Programa analiza también y propone diversas acciones para promover la mayor vinculación entre los sistemas de educación y capacitación y el proceso productivo de las empresas; igualmente enfatiza la necesidad de dirigir este esfuerzo hacia las necesidades locales y regionales, así como la gestación de nuevos modelos educativos surgidos de la participación e iniciativa de los actores sociales.

Igual importancia se concede al desarrollo de información sistemática relevante sobre los perfiles ocupacionales del aparato productivo y sus tendencias, así como a la divulgación permanente de la misma hacia la población.

### *Modernización de la capacitación*

No obstante la amplitud de los servicios educativos orientados expresamente a la formación para la actividad productiva, cuya matrícula alcanza en números redondos, 1 millón 300 mil alumnos en los niveles de capacitación básica y educación media superior terminal, su incidencia en la formación de recursos humanos para el trabajo es todavía limitada.

El Programa apunta como problemas principales en este renglón la estructura desproporcionada de la población egresada y el carácter excesivamente especializado de la educación que se imparte, que no favorece la incorporación de nuevos aspectos que influyen en las formas modernas de organización del trabajo.

Por lo que se refiere a la capacitación que se lleva a cabo en las empre-

sas, se destaca el insuficiente desarrollo que ha observado principalmente en las de menor tamaño por la escasez de recursos, el desconocimiento de instancias de capacitación o adiestramiento externas a las empresas, la deficiente organización y sus propias características de operación, a las que con frecuencia se asocia una mayor polifuncionalidad de los trabajadores.

La propuesta de modernización de la capacitación que impulsa el Programa considera las necesidades que plantea la dinámica de cambio tecnológico; más altos niveles de educación general en la fuerza de trabajo y mayor efectividad en la capacitación. Por ello se recomienda promover el desarrollo de sistemas de información referidos a cada entidad federativa que permitan reconocer sistemáticamente las tendencias de la ocupación a nivel local.

Se promoverá una mayor apertura de los centros educativos orientados a la formación profesional para que de manera sistemática incorporen una mayor participación de las empresas locales en el desarrollo de los servicios educativos y se realicen proyectos específicos de colaboración en materia de capacitación y mejoramiento de la productividad.

Para el fomento de las actividades de capacitación que se lleva a cabo en el seno de las empresas se propone desarrollar, con la más amplia participación de los sectores productivos, nuevos sistemas y programas generales de capacitación con criterios de flexibilidad y adaptabilidad a las diversas características de las unidades productivas en las diferentes ramas de la actividad económica.

Con el propósito de que las empresas medianas y pequeñas puedan generar una escala adecuada que haga posible el desarrollo sistemático de esfuerzos de capacitación, se promoverá, con la participación de los sectores obrero y empresarial, su agrupamiento para fines de capacitación.

Con el fin de simplificar los trámites administrativos, se procederá a la desconcentración de las actividades de registro y dictaminación de los diversos elementos que conforman las obligaciones legales de las empresas; y se llevará a cabo un esfuerzo de mayor profundidad para simplificar los trámites administrativos que deben cumplir actualmente las empresas, dando la mayor prioridad a generar mayores apoyos para lograr la calidad y pertinencia de los programas de capacitación en las unidades productivas.

De manera principal, el Programa propone el énfasis que debe darse al establecimiento de políticas y estrategias que, definidas dentro del marco de la modernización de la administración pública, hagan posible reconocer la orientación idónea de un esfuerzo sistemático de capacitación y produc-

tividad en el sector público y cumplir con precisión y claridad las funciones de servicio necesarias para atender las necesidades de la población.

### *Movimiento nacional de calidad y productividad*

A partir del movimiento internacional de calidad se han abierto nuevas concepciones y prácticas en torno a la participación de los trabajadores y de los empresarios en los procesos de gestión de la productividad. Se ha generado así un cambio de actitudes que revalora el papel del trabajo humano y la importancia de su contribución al proceso productivo y se ha propiciado una nueva cultura del trabajo.

El elemento primordial que ha caracterizado al movimiento de calidad es su orientación hacia el mercado, ya que pretende traducir en satisfactores específicos las demandas, necesidades y preferencias de los consumidores, para mejorar la posición competitiva de las empresas y contar con una base sólida para su expansión y crecimiento.

La calidad no se relaciona de manera exclusiva con el proceso técnico de la producción sino fundamentalmente con el trabajo de las personas. Es el trabajo humano el que modela y da significado y contenido a la calidad.

Los problemas de baja calidad, elevados costos de producción y bajos niveles de productividad; la escasa flexibilidad y capacidad de adaptación a las nuevas condiciones de los mercados, la rigidez de las estructuras organizativas y funcionales, la limitada integración de cadenas productivas y la falta de un concepto que convoque a la sociedad y privilegie una nueva cultura del trabajo son los elementos, entre otros, que se analizan para sustentar la realización de un esfuerzo integral para apoyar el desarrollo del aparato productivo.

El Programa propone llevar a cabo un movimiento nacional de calidad que constituya el eje conductor de los esfuerzos tendientes a dotar al aparato productivo, y a la sociedad mexicana en su conjunto, de la capacidad competitiva y los altos niveles de productividad que se requieren.

Para ello se propone promover un mayor esfuerzo sistemático de investigación en materia de calidad y productividad que estimule el interés de los sectores por su evolución y tendencias, desarrollar mayores esfuerzos para generar información estadística pertinente, difundir metodologías y experiencias de instituciones y empresas que ya participan en programas de calidad complementadas con información documental y bibliográfica en la materia, así como ampliar la realización de programas de esta naturaleza a partir de compromisos específicos de participación de los sectores.



### *Condiciones de trabajo y productividad*

La duración e intensidad de la jornada, los periodos de descanso, la capacidad adquisitiva de los salarios, las condiciones físicas y ambientales en que el trabajo se realiza, los riesgos de trabajo, la seguridad en el empleo y la forma de organización de los procesos productivos, se cuentan entre los principales elementos que definen el medio laboral de cada empresa y que, en general, tienen una gran influencia en la productividad del trabajo.

El Programa destaca en este sentido las consecuencias que generan los accidentes y las enfermedades laborales que muchas veces significan pérdidas irreparables para el trabajador y su familia, elevados costos por tratamientos y rehabilitaciones; por otro lado, significan para la empresa costos de equipo y materiales dañados, tiempo perdido y capacitación de sustitutos.

Se destaca el frecuente desconocimiento de las empresas de las normas legales en la materia, que no obstante sus posibles deficiencias y necesidades de actualización, constituyen una importante guía para la realización de medidas preventivas que no sólo evitan accidentes y enfermedades, sino contribuyen a incrementar la productividad.

Un problema similar ocurre con los trabajadores, que desconocen o subestiman los riesgos de su ambiente de trabajo y no usan los medios para protegerse, en ocasiones debido a la falta de capacitación e información en la materia o la ausencia de los equipos indispensables.

Otro aspecto que ha sido motivo de particular atención al estudiar las condiciones de trabajo y la influencia que éstas ejercen en la productividad es el del tiempo de trabajo y su relación con los periodos de descanso que requiere el trabajador.

Hace algunos años empezaron a desarrollarse nuevas modalidades de organización del trabajo asociadas a la naturaleza de los nuevos procesos productivos, que no sólo han implicado un cambio importante en la capacidad intelectual y en las habilidades específicas requeridas para el desempeño del trabajo, sino una tendencia cada vez mayor a la flexibilidad, a la polivalencia de los trabajadores y a su participación efectiva aun en el diseño de la organización del esfuerzo productivo.

En el renglón de las remuneraciones, el Programa plantea que es fundamental que su desarrollo, implantación y evaluación permanente sean producto de la participación conjunta y responsable de las empresas y de los trabajadores, con especial atención a las características específicas de la realidad nacional y del entorno particular de la empresa. Se trata de

hacer de las remuneraciones al trabajo, un elemento permanente de equilibrio en la distribución y de estímulo a la productividad.

Para ello será necesario promover el desarrollo sistemático y la difusión de mayor información estadística relacionada con las condiciones de trabajo, así como el establecimiento de estímulos para el impulso de la investigación sobre condiciones de trabajo y ergonomía y su influencia en los niveles de productividad.

En coordinación con los sectores productivos y con las instituciones que participan en el campo de la seguridad social, se impulsarán campañas permanentes que induzcan a las empresas y a los trabajadores a una mayor atención a los aspectos de seguridad e higiene. Asimismo, se promoverá el establecimiento de criterios y la difusión de métodos de trabajo que fortalezcan las actividades de las comisiones mixtas de seguridad e higiene.

Se desarrollarán los mecanismos de información y apoyo técnico indispensables para que la función de inspección en materia de seguridad e higiene y, en general, de las condiciones de trabajo pueda mantener un equilibrio adecuado entre el cumplimiento de la norma y el asesoramiento técnico requerido para promover condiciones de trabajo adecuadas.

### *El rezago social y la solidaridad*

Existen en el país numerosos grupos sociales rurales y urbanos cuya vida se desenvuelve en condiciones precarias o de extrema pobreza, en un entorno económico y social caracterizado por la falta de toda clase de recursos. En esta situación se encuentran múltiples grupos de campesinos de escasos recursos y jornaleros agrícolas, grupos indígenas y habitantes de colonias populares en zonas urbanas marginadas, cuyo nivel de vida no les permite acceder a los satisfactores mínimos indispensables para una vida digna y a formas de producción de las que puedan derivar un impulso para el cambio.

Las formas de organización social para el trabajo y las microempresas representan alternativas de gran potencialidad para procurar la articulación de esfuerzos productivos a nivel regional y local que generen efectos multiplicadores en materia de empleo, formación de mano de obra, acceso a servicios públicos básicos y utilización adecuada de los recursos disponibles.

Los esfuerzos de educación y capacitación orientados a estos grupos deben tener características sensiblemente distintas, tanto en la educación formal dirigida a los niños y jóvenes, como en la formación para el trabajo dirigida a los adultos.

El propósito fundamental que orienta las acciones que propone el Programa en este campo, es la elevación de la capacidad autosostenida de desarrollo de los amplios sectores que se encuentran en condiciones de marginalidad y aun de pobreza extrema.

Entre las acciones a desarrollar en las zonas marginadas tanto en el medio rural como en el urbano, se destaca la necesidad de convocar a las universidades e institutos de investigación y educación superior, a efecto de que se establezcan proyectos específicos de carácter regional y sectorial, que con el apoyo de la ciencia, la tecnología y la competencia profesional, permitan identificar obstáculos y oportunidades para el mayor aprovechamiento y expansión de la capacidad productiva.

Por lo que se refiere al medio rural, es igualmente necesario impulsar esfuerzos de investigación sistemática y promover el aprovechamiento de los recursos productivos mediante el fomento de la industria rural basada en la autogestión de las organizaciones de productores y en la promoción de su vinculación con unidades productivas de los sectores modernos de la industria y el comercio.

Por lo que hace a los sectores de la población que se ubican en zonas marginadas urbanas, se propone, entre otras cosas, promover el desarrollo de nuevas formas de educación que correspondan a la diversidad de sus necesidades, características e intereses, así como impulsar una mayor apertura de los centros dedicados a la capacitación para el trabajo y a la educación tecnológica a fin de que amplíen sus servicios a grupos importantes de las zonas marginadas.

Asimismo, se fomentará la organización social para el trabajo a través de mecanismos que permitan a estos grupos el acceso a los estímulos y apoyos existentes, así como el aprovechamiento de los programas de capacitación y asistencia técnica de que disponen el sector público y el sector privado.

#### ASPECTOS OPERATIVOS Y VINCULACIÓN CON OTROS SECTORES Y PROGRAMAS

La característica de cobertura nacional del Programa y la incidencia que tienen los temas de capacitación y productividad en prácticamente toda la actividad económica, exige de la participación de los diversos sectores de la sociedad en su conjunto, a fin de lograr la suma de esfuerzos, recursos y resultados.

Para ello se propone precisar y desarrollar los elementos de vincula-

ción con otras políticas e instrumentos de carácter macroeconómico, su relación de congruencia y complementariedad con otros programas nacionales de mediano plazo, así como los mecanismos de concertación y coordinación con las instituciones, entidades, organismos de los sectores y con los gobiernos locales, de modo que se propicie el desarrollo sectorial y regional del país.

# REVOLUCIÓN CIENTÍFICO-TÉCNICA Y BIOTECNOLOGÍA

**Dinah Rodríguez Chaurnet**

## LA REVOLUCIÓN CIENTÍFICO-TÉCNICA

En términos generales se considera como una connotación apropiada para caracterizar la revolución científico-técnica al conjunto de cambios interrelacionados que suceden en el ámbito de la ciencia, la ingeniería y la producción, y que afectan de manera significativa dos aspectos centrales del modo de producción: *a*] el material, y *b*] el humano.

Sin lugar a dudas, la evolución tecnológica no se ha dado en forma lineal en el tiempo. Es un proceso evolutivo jalonado por grandes saltos que pueden identificarse como núcleos básicos que en un momento dado son remplazados por nuevos surgimientos, fenómeno que se conoce como revolución tecnológica [Mertens, 1990], de ahí que se considere que las revoluciones tecnológicas conllevan un cambio implícito tanto en los instrumentos de trabajo como en la organización de la producción, al mismo tiempo que inducen una mayor especialización técnica de los trabajadores.

Ahora bien, para que un grupo de tecnologías “genere” una revolución tecnológica se deben considerar varios aspectos:

1. Generar un cúmulo considerable de nuevos productos.
2. Influir de manera importante o transformar los procesos productivos existentes hasta ese momento.
3. Ser viable su aplicación en los sectores económicos.
4. Disminuir los obstáculos para el crecimiento del núcleo tecnológico anterior [Van Thulder y Junne, en Mertens].

## ASPECTOS DEL MODO DE PRODUCCIÓN

La ciencia y la tecnología generadas a lo largo del tiempo muestran que su aplicación a la producción ha sido el factor dinámico que ha influido tanto en el crecimiento como en el desarrollo económico, proceso en el que han sido cruciales dos factores importantes: viabilidad de generalización del proceso, y desarrollo del conocimiento científico que permita la obtención

permanente de nuevas aplicaciones científico-tecnológicas tales como la invención y la innovación.

La generación de nuevas tecnologías crea productos y necesidades que avalan su pertinencia y viabilidad, sean éstas invenciones o innovaciones, que si bien provocan un desarrollo de las fuerzas productivas cualitativamente diferente al anterior convive con dichas formas, las asume; y que si bien supera las limitaciones de la fase anterior, también es cierto que aporta una problemática nueva para el desarrollo económico y social.

Por lo que respecta al aspecto material, podemos decir que afecta los objetos de trabajo, que se expresan como cambios en el uso de materiales y en los instrumentos de trabajo, que determinarán si éste es mecánico o automatizado, y en las fuentes de energía.

Asimismo, el aspecto humano se ve afectado en la medida que los materiales, instrumentos y fuentes de energía necesariamente conducen a un cambio en el patrón de utilización de la fuerza de trabajo, así como en el de la estructura industrial y ocupacional.

La revolución científico-técnica considerada a lo largo del tiempo puede verse como un flujo no lineal del proceso de creación tecnológica. Sin embargo, por la naturaleza de los cambios que induce el desarrollo de ciencia y tecnología el consenso general ha sido considerar tres grandes revoluciones científico-técnicas en función de los bloques tecnológicos que las caracterizan en un periodo determinado.

Hasta el momento se considera que estas tres revoluciones científico-técnicas "han sido el núcleo generador de cambios masivos y fundamentales en el comportamiento de los agentes económicos" [Ominami, 1986].

Así, tenemos que la llamada primera revolución industrial, acaecida a partir de 1848, aporta en el aspecto material los nuevos objetos de trabajo: algodón, azúcar de caña, azúcar de remolacha, etc., en tanto que los nuevos instrumentos de trabajo fueron las versiones perfeccionadas de las máquinas-herramienta y la energía utilizada fue el vapor de agua impulsado por carbón mineral. En cuanto al aspecto humano, se dio el tránsito de la gran manufactura a la fábrica y en el ámbito agrícola la "sustitución" del campesino por el asalariado del campo. Correlativos a estos cambios se producen la proletarianización urbana y rural.

Durante la segunda revolución industrial los nuevos materiales de los objetos de trabajo fueron el latón, rayón, baquelita, aluminio, cobre, nuevas aleaciones, etc.; los instrumentos de trabajo sufren modificaciones y en muchos casos sustituciones: aparecen las cosechadoras, trituradoras, trilladoras, etc. La nueva fuente de energía la constituyeron los motores de com-

bustión interna y eléctrica; se intensifica la utilización del petróleo y se da asimismo la aplicación de los fertilizantes químicos.

En el aspecto humano, el trabajador se convierte en un apéndice de la máquina: aparecen las modalidades del fordismo y taylorismo en el trabajo, lo que permite una reorganización de la producción, dando pie para la ampliación del proceso de internacionalización del capital. Paralelamente, ocurre el proceso de descentralización geográfica de las unidades de producción, lo que se traduce en un mejor aprovechamiento de las ventajas comparativas.

### LA MUTACIÓN CIENTÍFICA

Cuando al iniciarse el presente siglo la física descubrió las leyes del átomo, prácticamente comenzó una nueva era científico-industrial que habría de representar una verdadera “mutación” técnica, científica e industrial comparable en importancia solamente —en opinión de algunos autores— con el paso del nomadismo al sedentarismo, que originó el nacimiento de la civilización y la vida urbana [Garaudy, 1972; Olszewski, 1974]. Así pues, esta “mutación” está representada hoy día por las llamadas “nuevas tecnologías”: la fisión nuclear, la microelectrónica, la biotecnología, la ciencia de materiales y la conquista espacial.

Indudablemente, uno de los logros tecnológicos de mayores alcances e impactos en la esfera productiva ha sido la microelectrónica, considerada por numerosos autores como la revolución tecnológica de la época, así como los semiconductores y circuitos integrados, “equiparables al petróleo de los años 80” [Van Thulder y Junne, en Mertens].

Aunque las aportaciones de la microelectrónica componen una amplia gama (véase cuadro 1), quizá la de mayor impacto en la esfera productiva es la producción flexible, que permite reducir al mínimo el volumen de inventarios así como realizar diversas adaptaciones en la planta productiva, que tiende a hacerse más pequeña: se aminora o tiende a desaparecer la producción masiva de las grandes empresas, ya que anteriormente éstas basaban su estrategia en una *masa* de ganancia más que en una *tasa* elevada, buscando captar una fuerte porción del mercado.

Hoy día lo que buscan es bajar costos de producción vía tecnificación y descentralización de la producción. Asimismo, buscarán la contratación de ciertas partes del producto final con empresas pequeñas y medianas, en tanto que la planta “flexible”, es decir de propósito *múltiple*, atiende demandas “personalizadas”, por así decirlo, en mercados mundiales.

Cuadro 1

## NUEVAS TECNOLOGÍAS Y RUPTURA DE LOS OBSTÁCULOS AL CRECIMIENTO

<i>Factores tecnológicos de crecimiento</i>	<i>Micro electrónica</i>	<i>Biotecnología</i>	<i>Nuevos materiales</i>
1. Productos nuevos	Robots, circuitos integrados, CAD, telecomunicación	Medicinas, alimentos, semillas	Polímeros, cerámica, plásticos compuestos,
2. Menor costo de la mano de obra	Menos fases de producción y menor número de partes; disminución de trabajadores directos	Procesos poco intensivos en mano de obra; mayor grado de automatización	Descontinuación de ciertos oficios (soldador); mayor nivel de automatización posible
3. Menor intensidad de capital	Máquinas reprogrables; mejor uso de las máquinas y de la superficie construida	Las temperaturas y la presión más baja causan menor costo en equipo	Uso más intensivo del equipo instalado
4. Uso más racional de las materias primas	Minimización; menos desperdicio en el corte; menos productos en almacén	Mayor grado de sustitución de materias primas	Materiales más baratos y sustitución de materias primas escasas
5. Menor intensidad en el uso de energéticos	Menos partes que se "mueven"; menos transporte; posible trabajo en fábricas oscuras	Posibilidad de producir con temperaturas bajas	Uso más eficiente de la energía
6. Menos daños para el medio ambiente	Mejor manera de ir detectando la contaminación posible; descentralización con menor necesidad de viajar	Reducción de insumos altamente tóxicos y nuevos productos para limpieza	Mayor duración de los materiales y, por tanto, menos basura o desechos; menos industrias pesadas y uso de materiales ligeros
7. Mayor flexibilidad	Automatización flexible; posible escala menor de productos	Más sustitutos para procesos existentes; posible escala menor	Mayor diversidad en materiales; materiales ligeros que ayudan en automatización flexible

FUENTE: Van Thulder y Junne, tomado de Mertens, 1990.



En esta nueva estrategia la empresa no sólo puede reducir al mínimo su volumen de inventarios, sino que puede incluso prescindir del escalafón, anular la seguridad laboral, manejar la planta mediante el control electrónico de tiempos y movimientos del personal durante la jornada de trabajo; contratar por horas y a destajo en detrimento del obrero manual semipermanente y aun remplazarlo por cuadros medios adiestrados y por máquinas de control numérico y robots, lo que consecuentemente reducirá la capacidad sindical de negociación frente a la empresa [Bonilla, 1990; Mertens, *op. cit.*].

Su importancia en el sector productivo se extiende tanto al sector agrícola como al industrial y de servicios. Se estima que tan sólo el conjunto del complejo electrónico mundial es de 300 000 millones de dólares anuales, "cifra similar o hasta mayor a la del complejo automotor a nivel mundial" [Mertens].

#### LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS Y EL RÉGIMEN DE ACUMULACIÓN

Es innegable que las "nuevas tecnologías" inducen cambios de gran magnitud en la DIT y en el orden económico internacional al elevar la composición orgánica del capital, y por ende una mayor tasa de plusvalía relativa y reducciones en el costo de producción. En tanto que el empleo tecnológico de la ciencia se convierte en la etapa actual en parte indispensable de las fuerzas productivas de punta, imprime nuevas perspectivas a la forma de orientar y apropiar la investigación.

La apropiación del conocimiento científico-tecnológico se convierte en un instrumento para afrontar la crisis por la que pasa la economía mundial a partir de los años setenta, caracterizada por un desplome de la productividad industrial, tendencia descendente de la tasa de ganancia, agudización de la competencia entre potencias capitalistas, inestabilidad financiera internacional originada por la crisis del dólar, fuertes contratiempos petroleros, continuas fluctuaciones en el precio internacional de las materias primas, etc. [Maestries, 1990], situación que acusa un fuerte deterioro del modelo de acumulación vigente. Como una opción para salir de la crisis se recurre a la recomposición industrial con base en las nuevas tecnologías. Estas transformaciones, sin embargo, tienden hacia un proceso de mayor independencia de las economías industriales en su relación con las economías en vías de desarrollo.

Hasta ahora las ventajas comparativas de mano de obra, condiciones climáticas, etc., que tradicionalmente tenían a su favor los países en vías de

desarrollo, se ve trastocada ante la eventualidad de que los países industriales, mediante las nuevas tecnologías, sustituyan las materias primas agrícolas y minerales por algunas de las siguientes alternativas, particularmente en biotecnología:

1. Producir materias primas antes exportadas por los países en vías de desarrollo;

2. Sustituir la importación de materias primas por la industrialización de recursos abundantes, y

3. Sustituir la importación de materias primas por la fabricación de nuevos productos de origen sintético.

Esto significa que la apropiación del conocimiento científico-tecnológico se convierte en arma y estrategia poderosa para afrontar la crisis:

1. El financiamiento de la actividad científica adquiere un marcado carácter monopólico que se expresa en la privatización del conocimiento por parte de la gran empresa privada.

2. La invención y la innovación tecnológica adquieren el doble carácter de medio de producción y mercancía cuyo valor de cambio está representado por la patente, que actúa como un elemento de protección que garantiza y estimula la inversión en investigación y desarrollo (I-D), así como su apropiación privada.

3. Las grandes firmas invierten en I-D ante la perspectiva de promover de manera costeable antiguas y nuevas áreas de investigación. En el caso de la biotecnología el capital invertido en nuevas industrias entre 1978 y 1983 supera la inversión en cualquier otra tecnología de punta [Hacking, 1986].

4. Considerado el fenómeno globalmente, la brecha tecnológica entre países desarrollados y países en vías de desarrollo se acrecienta, en tanto el avance tecnológico amenaza convertirse en instrumento de dominio y dependencia en manos de potencias industriales.

La declinación en el mercado mundial de la demanda de productos del mundo desarrollado y el incremento del contenido tecnológico de las importaciones de los países en vías de desarrollo es reflejo de la profunda reestructuración económica que impulsan los países industrializados al promover, en el marco de la revolución científico-técnica, algunas tecnologías que o bien les otorguen ventajas comparativas antes inexistentes, o bien les permitan esquivar algunos efectos de la profunda crisis económica actual.

Este proceso de acumulación;

...que tiene lugar en el plano internacional y en el interior de los países más industrializados, se lleva a efecto en las grandes empresas transnacionales, en

los grandes bancos comerciales internacionales y en las instituciones de los Estados de esos países que han sido creados para vigilar e intervenir a fin de hacer más elástica y fluida esa acumulación, como son los casos del FMI, el Banco Mundial y el GATT, entre otros [Bonilla, p. 101].

## BIOTECNOLOGÍA: CAMPOS DE APLICACIÓN

Se entiende por biotecnología un concepto que vincula una serie de actividades que se manifiestan en el aprovechamiento intensivo de los derivados de la materia viva (células, tejidos, extractos, enzimas) para producir bienes y servicios en las áreas de farmacia, alimentos, industria química e ingeniería ambiental [Viniegra, 1987]. Adicionalmente habría que agregar que tiene la connotación de ser una área multidisciplinaria y de aplicación multisectorial.

En cuanto a su categorización, hay que considerar tres generaciones: la primera, constituida por la fermentación alcohólica, bebidas y alimentos fermentados; la segunda, por la producción de antibióticos, aminoácidos, vacunas, toxoides y antígenos, y la tercera, o “nueva biotecnología”, por las técnicas del ADN recombinante (ADNr) y la obtención, hasta ahora, de un número limitado de “nuevos productos”.

Sin embargo, cuando se habla de “vieja” y “nueva” biotecnología, lo que marca la diferencia fundamental entre ambas es que en aquella el proceso para obtener un producto estaba determinado por la selección empírica, es decir por el azar, ya que no se sabía cómo se expresaban, conservaban e interactuaban las características de los seres vivos. La denominación de “nueva” biotecnología se reserva para las técnicas que operan a nivel molecular, tales como las del ADN recombinante que hace posible la manipulación de un código genético; la obtención de variantes de un organismo con las características deseadas, rasgos que están acordes con la revolución científico-técnica [Rodríguez, 1988]. Para expresarlo en los términos de otros autores diremos que:

la nueva dimensión consiste en la manipulación de los códigos genéticos de los seres vivos, la cual se combina e integra con tecnologías de fusión de células, en donde se pueden combinar características de varias células en una sola, así también con tecnología enzimática y de fermentación [Van Thulder y G. Junne, en Mertens: 62].

Sin embargo,

equivocadamente se tiende a asociar los procesos de fermentación con la biotecnología de primera generación y a la ingeniería genética con la de tercera generación, siendo que en realidad la biotecnología está constituida por el conjunto de técnicas que permiten el manejo de los seres vivos y de sus componentes [Quintero, 1991].

Los avances y potencialidades de la biotecnología se expresan fundamentalmente en las áreas de farmacia, agricultura, alimentos e ingeniería ambiental. Se estima que el mercado potencial de los productos biotecnológicos, incluidos veterinaria y acuicultura, para el año 2000 oscilará entre los 50 y 100 000 millones de dólares [Arroyo y Waisbluth, 1988:20].

#### APLICACIONES POR SECTOR

Sin pretender hacer un reporte de las potencialidades de la biotecnología en los momentos actuales, señalaremos tan sólo algunos aspectos sobresalientes. Sin embargo, es conveniente indicar que tanto los productos como los procesos biotecnológicos hoy en día están vinculados a casi todos los sectores de la actividad económica.

##### *Sector de alimentos*

En el campo de la biotecnología de alimentos, los llamados nuevos edulcorantes: jarabes glucosados de maíz, aspartamo, thaumatina, etc.; estos dos últimos de 200 a 250 veces más dulces que el azúcar, producidos a partir de otros vegetales diferentes de la caña de azúcar. Para 1990 representaban ya el 10% del consumo mundial de azúcar; queso vegetal producido a partir de proteínas vegetales, que ocupa ya en Estados Unidos un 20% del mercado de quesos [Mertens: 65]; el aceite de coco y el cacao están siendo remplazados por aceite de palma o de girasol mediante un proceso biotecnológico; mejoramiento de las calidades organolépticas de los alimentos: color, olor, sabor y contenido alimenticio.

##### *Sector pecuario*

Mejoramiento genético del ganado mediante el trasplante de embriones, fecundados por inseminación artificial en vacas de alto registro, extraídos e implantados en vacas portadoras, de tal manera que la vaca de selección puede generar tantas crías como sea posible, sin parir ninguna; promotores

del crecimiento específicos para cada especie, v.gr. hormona del crecimiento para cerdos, pollo, salmón, bovinos, etcétera.

### *Sector agrícola*

En agricultura puede lograr la obtención de plantas resistentes a la salinidad y la sequía; resistentes a plagas; “crear” plantas (conocidas como “vegetales máquina”, es decir diseñados con ciertas características) que generen, por ejemplo, su propio insecticida; puede lograr la ampliación de la frontera agrícola al habilitar tierras antes no aptas; utilizar los desperdicios agropecuarios para la producción de alimentos balanceados para el ganado, etc.; sustitución de fertilizantes sintéticos por “inóculos” de legumbres para la fijación de nitrógeno en diversas plantas, particularmente la soya.

Asimismo, existe la expectativa de que la industria de insumos agrícolas (fertilizantes, plaguicidas y herbicidas) promotores del crecimiento “se modifique al ser desplazados los productos de origen petroquímico por productos de origen biológico, y en otros casos porque las plantas del futuro podrán tener nuevos sistemas de defensa y de generación de insumos, v.gr.: la fijación biológica de nitrógeno en gramíneas” [Quintero, 1991].

Asimismo, el cultivo de células vegetales en biorreactores brinda la posibilidad de obtener “metabolitos secundarios” tales como saborizantes, aromas, principios activos, etc., obtenidos hasta la fecha por extracción natural [*ibid*].

En el aspecto de la ingeniería ambiental puede acelerar los procesos de biodegradación, o evitar la contaminación con filtros biológicos aplicados a la industria; tratamiento de aguas; extracción del fósforo del carbón por medio de bacterias, reduciendo así la lluvia ácida que se produce al quemar el carbón [Mertens: 65].

Existen también aplicaciones de la biotecnología en la minería para la extracción, por medio de bacterias que aceleran la recuperación de minerales al actuar sobre compuestos insolubles: 15% del cobre obtenido en Estados Unidos se logra por este método.

### *Sector salud*

En cuanto a los productos farmacéuticos, quizá la rama en la que mayor dinamismo ha logrado la biotecnología es la de vacunas, fabricación de enzimas, producción de la hormona del crecimiento humano y bovino, la producción de insulina humana, etcétera.

La aparición del biochip, considerado como expresión de la conver-

gencia entre microelectrónica y biotecnología, utiliza la capacidad de sus células para almacenar y procesar grandes cantidades de información.

### *Sector energético*

La producción de etanol y biogás, a pesar de que en los momentos actuales aún no son rentables comparados con los actuales precios del petróleo, se considera como alternativa viable para algunos países. En la generación de biogás, China e India son los grandes productores a nivel rural.

Hasta aquí hemos descrito de manera muy general las características de la revolución científico-tecnológica y el marco de referencia del surgimiento de la biotecnología actual. Sin embargo, esta visión muy particular no sería realista si no mencionamos, al lado de las enormes potencialidades de la biotecnología, los diversos impactos y riesgos que conlleva:

- Desplazamiento de cultivos agrícolas que han sido productos tradicionales de exportación de los países del Tercer Mundo, por la fabricación de sustitutos. Tal ha sido el caso de la sustitución de caña de azúcar por jarabes fructosados derivados del maíz, y el aspartamo, ambos productos biotecnológicos obtenidos en laboratorio. Otro cultivo que sin duda será desplazado es el café, del que ya se ha logrado clonar el gene de la cafeína. Se calcula que los sustitutos de café aparecerán en un plazo no mayor de cinco años.

- Descenso de las exportaciones de materias primas y energéticos de los países en vías de desarrollo debido a la aplicación de las nuevas tecnologías. Por tanto, menor captación de divisas ante una deuda externa cuyo solo servicio aumenta año con año.

- Privatización de las nuevas biotecnologías relacionadas con agricultura, ganadería y productos farmacéuticos en los países industriales, que llevan adelante los procesos de innovación tecnológica.

- Patentar las innovaciones. Uno de los objetivos más buscados por el capital trasnacional es la imposición de sus reglas de patentes en los países donde opera, en particular en el terreno de las nuevas tecnologías, y la biotecnología no es una excepción.

- Relativización de las ventajas comparativas debido a la aparición de sucedáneos, que colocan en un segundo plano el acervo y diversidad de los recursos naturales, la disponibilidad de mano de obra y por tanto la “especialización productiva”.

- Reestructuración de la cadena agroindustrial debido a la aparición de nuevos productos alimentarios a partir de insumos no alimentarios, así como a la inversa: utilización de materias primas alimentarias que se con-

vierten en insumos para la obtención de productos químicos, con lo que se rompe el eslabonamiento tradicional de la cadena, que se expresa, por ejemplo, en la separación de la producción agrícola de su medio natural: la tierra, etcétera.

Los “rompimientos” de la cadena excluyen la posibilidad de “nacionalizaciones” en cualquiera de las fases originales.

- El oligopolio de la industria farmacéutica en principios activos se intensificará en los próximos años, de manera que aquellos países que no accedan a esta tecnología habrán de depender de un reducido número de empresas trasnacionales.

- En este orden de cosas, la empresa trasnacional, gestora importante y monopolizadora del secreto tecnológico, se presenta como tabla de salvación para los países industrializados en la actual crisis.

Esta por demás parcial mención de algunas implicaciones del desarrollo biotecnológico solamente pretende obtener una visión equilibrada frente a la euforia que despierta la panacea de proezas y potencialidades que están por suceder en los próximos años.

Estamos conscientes de que en los países en vías de desarrollo sin la formación de recursos humanos de alta capacitación no hay biotecnología posible, así como tampoco es posible sin laboratorios de investigación básica.

Para dar una idea del reto al que se enfrentan los países en vías de desarrollo actualmente, diremos que el porcentaje de PIB que dedican a investigación y desarrollo no llega al 1 %, en tanto que Japón, Estados Unidos y Francia dedican del 2 al 3 por ciento.

Para terminar, me permitiré citar la siguiente aseveración: “...los tres núcleos de innovación tecnológica dura, microelectrónica, biotecnología y ciencia de materiales, son las nuevas tecnologías básicas de la economía, tal como lo eran —en su momento— la máquina de vapor, la electricidad y los productos petroquímicos básicos” [Mertens: 68].

## BIBLIOGRAFÍA

- Arroyo y Waissbluth. *Desarrollo biotecnológico en la producción agroalimentaria de México: orientaciones de política*, México, CEPAL, 1988.
- Bonilla, A. “La crisis actual y la revolución científico-técnica” en *Problemas del Desarrollo*, núm. 80, México, IIEC-UNAM, 1990.

- Garaudy, R. *La alternativa*, Buenos Aires, Tiempo Nuevo, 1972.
- Hacking, J.A. *Economics of biotechnology*, Cambridge, University Press, 1986.
- Maestries, F. "Los posibles impactos de la biotecnología en la agricultura mexicana", en *Sociológica*, núm. 13, México, UAM, 1990.
- Mertens, L. *Crisis económica y revolución tecnológica*, México, Nueva Sociedad, 1990.
- Ominami, C. *La tercera revolución industrial*, Buenos Aires, GEL, 1986.
- Quintero, R. "Biotecnología", en *México ante las nuevas tecnologías*, México, Ed. Porrúa/CIH-UNAM, 1991.
- Rodríguez, D. "Biotecnología y producción alimentaria", en *Problemas del Desarrollo*, México, IIEC-UNAM, 1989.
- Viniegra, G. "La biotecnología: opciones y limitaciones", Primer Curso de Biotecnología Alimentaria, México, PUAL-UNAM, 1987.



## ALGUNAS CONSIDERACIONES SOCIOCULTURALES PARA EL ESTUDIO DE LA ACTIVIDAD CIENTÍFICA EN EL MARCO DE LA TERCERA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

Ma. Luisa Rodríguez-Sala

Las diferentes y a cual más interesantes perspectivas disciplinarias desde las cuales se plantea el estudio del advenimiento de la tercera revolución industrial, así como de sus impactos y sus consecuencias en los diversos sectores de la sociedad mexicana, plantea una interesante tarea no exenta de retos para quienes investigamos en las disciplinas sociales. En mi caso particular, por la línea de investigación que he desarrollado durante los últimos años me interesa precisar algunas consideraciones socioculturales que la ya inminente presencia de la tercera revolución industrial plantea a nuestra sociedad. Parece ineludible el hecho de que una de las tareas más apremiantes a las que se debe enfrentar el sociólogo del conocimiento, y específicamente el que se enfrenta al estudio de la actividad científico-tecnológica, es el logro de una descripción de la dinámica implícita en los procesos sociales mediante los cuales “la ciencia absorbe, reinterpreta y restaura los recursos culturales de las modernas sociedades industriales” [Mulkay, 1979].

Este empeño, que como toda tarea científica presenta en su primera fase la descripción o diagnóstico de los procesos sociales para superarlos mediante el análisis y la posterior formulación de propuestas, debe partir de una consideración fundamental: la actividad científica no puede ser tratada como un caso sociológico privilegiado y separado de las restantes manifestaciones socioculturales. Desde nuestra posición y el marco teórico que hemos manejado en nuestros trabajos más recientes, es ésta la inicial y fundamental consideración para el estudio de la actividad científico-tecnológica, en especial cuando los cambios en esa actividad inciden directamente en transformaciones profundas de diferentes sectores de la sociedad.

Partimos de la afirmación de que la *ciencia* constituye un acontecimiento multifacético como la cultura de la que forma parte. Las aproximaciones de su estudio hacen necesario intentar una síntesis que nos lleve a su consideración fundamental, de ahí que desde la perspectiva de lo sociocultural la *ciencia* sea simultáneamente: a) un sistema de conocimien-

tos que si bien está permanentemente en evolución conserva su totalidad y se constituye en *producto cultural*. Como tal es, a su vez, la expresión de la modificación al medio natural y social, pero que nunca puede ser terminada ya que lleva en sí misma la posibilidad de cambio, renovación y reinterpretación, y b] una expresión específica del quehacer humano, de aquella actividad que produce conocimientos científicos, derivaciones tecnológicas y valores. Sus manifestaciones se constituyen en características culturales procesuales y como tales integran un *proceso social*. Estas expresiones se dan, por lo general, en instituciones que poseen una estructura específica en cuyo seno se originan y mantienen relaciones socio-culturales.

Estas dimensiones dan lugar a la formulación de diagnósticos, descripciones y análisis acerca de la diacronía y el estado actual de la *ciencia* en un país en vías de desarrollo.

En nuestra opinión la consideración dual fundamental de la *ciencia* es la siguiente: como *producto cultural*, probablemente uno de los más característicos de la cultura occidental de este último tercio del siglo XX, en especial en los países de elevado desarrollo, inmersos en la tercera revolución industrial. Y de la actividad, o sea de la realización de la investigación científica y tecnológica, como *proceso*, uno de los más creativos y estimulantes para sus hacedores, los científicos, sin distinción del tipo de sociedad en la cual se encuentren inmersos. Como parte del *proceso* debe figurar también el quehacer de sus impulsores, generalmente representantes de la porción de la sociedad más consciente, que en algunos casos puede corresponder al Estado mismo y, en otros, a los grupos sociales interesados en sus aportes, los industriales, y en el mejor de los momentos a la conjunción de estos dos sectores.

La ciencia y la tecnología como *producto* y *proceso* se vinculan con lo sociocultural a través de las acciones de sus miembros en sus comunidades, en el exterior de las mismas y en el interactuar con los miembros externos al sistema científico-tecnológico. En otras palabras, los hombres de ciencia y los tecnólogos tienen acceso a dos grandes reservas culturales: las que proceden y les son provistas por la comunidad científica y las que provienen de la sociedad global [Mulkay, *ibid.*]. En el uso y manejo de esos repertorios culturales el científico y el tecnólogo se ven con frecuencia ante la necesidad de reinterpretar sus materiales culturales tanto científicos y tecnológicos como sociales. Lo realizan dentro del marco que les confiere el contexto social y sus posiciones en el mismo.

La necesidad de reinterpretación se manifiesta con urgencia especialmente cuando los miembros de una comunidad científico-tecnológica

periférica se enfrentan a los avances más espectaculares que se producen en los centros hegemónicos de la ciencia y la tecnología. De aquí se deriva una consideración más: las proposiciones y conclusiones científicas pueden ser reinterpretadas, a partir de sus significados, al pasar de un contexto sociocultural a otro. Este proceso de reinterpretación está estrechamente ligado a las necesidades que plantea la sociedad global. Como tal, los productos científico-tecnológicos deben ser considerados como construcciones sociales, inherentemente inconclusas, continuadamente revisables y significativamente inestables, al igual que cualquier otro producto cultural.

El proceso sociocultural de reinterpretación se inicia en el plano cognoscitivo, se prolonga al plano empírico y se concretiza en el aplicativo. El proceso, adecuada y reforzadamente realizado, posibilita el aprovechamiento por parte de los sistemas científico-tecnológicos periféricos de los avances científicos y las innovaciones tecnológicas y, en su caso, el acceso a esos productos. Sus manifestaciones actuales más extremas se están dando en el marco de la tercera revolución industrial.

Una consideración más parte de las posturas sociológicas en relación con los enfoques en el estudio de la *ciencia* y la *tecnología*. Actualmente es un hecho aceptado y acordado el que la rapidez y la dirección que ha tomado el desarrollo científico están fuertemente influidas por los llamados factores “externos”: culturales, sociales, económicos y políticos, que se originan fuera del sistema científico, o en su caso de las comunidades científicas locales, regionales, nacionales e internacionales. Paralelamente subsiste la tradicional postura exclusivamente “internalista”, que aún no ha sido rebasada totalmente: algunos de los filósofos, sociólogos y científicos más conservadores todavía sostienen la necesidad de considerar a la ciencia como un reducto sólo cognoscitivo si pretende derivar en auténticas aportaciones conceptuales, empíricas o interpretativas del conocimiento científico.

Sin embargo, la brecha entre ambas posiciones interpretativas se ha acortado significativamente durante las últimas décadas. Los enormes avances científico-tecnológicos que se plasman en la tercera revolución industrial no sólo han propiciado ese proceso de acercamiento, sino que también han introducido la inter, la multi y la transdisciplinariedad, probablemente la característica más significativa y de mayor visibilidad de esta etapa revolucionaria en la actividad científico-tecnológica. La necesidad de considerar esta interacción disciplinaria se manifiesta también como un imprescindible enfoque para el adecuado acercamiento al estudio de la ciencia, de la tecnología y de sus productores, los científicos y tecnólogos en el marco de su acelerado e incesante desarrollo.

Para poder aprovechar y tener acceso adecuado a los beneficios para la

ciencia y la tecnología que se desprenden de la tercera revolución industrial se requieren modificaciones y adaptaciones fundamentales en la política general y en la específica que concierne a la ciencia. El análisis de esta política en México se ha llevado a cabo por estudiosos desde diferentes perspectivas (J.J. Saldaña, R. Casas, C. Ponce, M.A. Campos, A. Chavero por citar sólo a los más destacados). Incluimos aquí nuestro personal acercamiento debido a su contribución al estudio de la ciencia y la tecnología en la dimensión de lo sociocultural. Constituye el antecedente para la propuesta de los requerimientos que contribuyan a la preparación para el cambio científico-tecnológico.

#### ANTECEDENTES GENERALES DE LA ORGANIZACIÓN CIENTÍFICA EN MÉXICO Y SU SITUACIÓN ACTUAL

En su calidad de *producto*, la ciencia ha seguido, en la mayoría de las sociedades, patrones organizativos que corresponden a los modelos socioculturales que prevalecen en las diferentes épocas de su desarrollo, y por lo general el orden político ha sido determinante. En México “la ciencia moderna institucionalizada se inició al finalizar el siglo XVIII como respuesta a un patrón colonial que impuso formas de organización y objetivos de investigación de acuerdo con los criterios de la metrópoli y para el beneficio de ésta” [Saldaña y Medina, 1988]. En el siglo XIX la ciencia tuvo una función de carácter ideológico, “los fines de carácter socioeconómico carecieron de verdadero significado para la sociedad de entonces” [*ibid.*] y más aún para el Estado. A partir de la segunda mitad del siglo la ciencia estuvo estrechamente ligada a los programas de educación laica y se vio fuertemente influida por el pensamiento liberal y positivista. Además, la institucionalización creciente de los productos científicos y de las actividades con ellos conectadas “formaron parte de los objetivos de la élite intelectual y del propio Estado de contribuir a la ‘ilustración’ de la población”, a su civilización y al progreso general” [*ibid.*]. Esta política fue llevada a un extremo tal, que provocó situaciones de desprestigio político, especialmente a finales del régimen porfirista con la trastocación del sentido semántico del término “científicos”, que se aplicó a aquellos políticos que, provenientes inicialmente del sector académico e intelectual, se convirtieron, al amparo de un positivismo científico exacerbado, en miembros del grupo hegemónico en el poder, totalmente desvinculado de la problemática social imperante y del papel que la ciencia podría desempeñar en esa situación.

A partir de la Revolución de 1910 cambió la política explícita de investigación y de educación superior. Hacia los años treinta se inició una nueva organización, a través de programas estatales fincados en proyectos nacionales de carácter histórico. Algunos de ellos aprovecharon situaciones coyunturales, como la que se presentó durante la segunda guerra mundial; otros buscaron promover, a través del apoyo a la ciencia y la tecnología, los cambios necesarios para propiciar el desarrollo económico nacional.

En México, como en otros países de la región latinoamericana, en la década de los setenta el Estado inició una nueva etapa de orientación organizativa explícita de la actividad científica y tecnológica. Con la creación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), resultado de una concientización creciente de los sectores intelectuales y de un proyecto político nacional —probablemente más populista que nacionalista— se establecen y expresan las metas de coordinación y de orientación de las actividades mencionadas. Pero “no siempre se señalaron los instrumentos que permitirían la aplicación efectiva de dichas metas” [*ibid.*] y menos aún se dispuso de un marco general de política científica que diera fuerza a los cambios que se proponían. Esto por un lado, y por el otro, la falta de continuidad debido a los cambios de gobierno han afectado las posibilidades reales de aplicación de los sucesivos planes nacionales de desarrollo.

A pesar de los continuos intentos que desde principios de siglo se vienen haciendo para incluir a la ciencia y la tecnología como elementos necesarios e indispensables en los programas y proyectos nacionales, parecería que sólo han quedado en eso: intentos malos, buenos o excelentes, que no han llegado totalmente a institucionalizarse. Sobre todo, no han podido enfrentar cabalmente el reto que significa adecuarlos a las necesidades prioritarias del país, no sólo en la satisfacción de sus problemáticas socioeconómicas, sino también frente a las expectativas regionales que plantean ya los cambios a que dará lugar la cercana tercera revolución industrial.

En fechas más recientes, durante el pasado sexenio presidencial y en lo que va del presente, se han señalado reiteradamente algunos rasgos distintivos del estado en que se encontraban la ciencia y la tecnología: deficiente vinculación con el sector productivo nacional; escasez de recursos humanos; excesiva centralización; dependencia tecnológica, y la insuficiencia de recursos financieros. Todos estos señalamientos no pudieron ser superados a lo largo del sexenio de Miguel de la Madrid. Es más, algunos de ellos se vieron acentuados durante los dos primeros años del gobierno de Carlos Salinas de Gortari, debido a la agudización de la crisis económica nacional e internacional y sus graves repercusiones en la deuda in-

terna y externa, que obligaron al gobierno a tomar severas medidas de austeridad y restricción del gasto público. Durante 1991 pareció vislumbrarse un resquicio de optimismo que podría estar motivado por los cambios en la política oficial sobre ciencia y tecnología que se han propuesto durante este lapso.

Sin embargo, es necesario mencionar aquí algunos datos que permitan ubicar la magnitud de la gravedad de la situación por la que ha pasado el sistema de ciencia y tecnología en años recientes. Si partimos de las cifras que corresponden al gasto total medido en términos reales se observa que “el nivel máximo se alcanzó en 1981 y durante los dos años siguientes hubo fuertes reducciones (de -9.1 y -27.5%), lo que coincide también con la disminución del PIB que fue del -0.6 y -4.2%”. Para 1984 se dio una aparente recuperación y a partir de ese año “el gasto total en C. y T. disminuyó con lentitud, aunque con un marcado decremento, más evidente para 1986” [Nora Luslig, 1989].

Análisis más detallados en donde intervienen relaciones entre el comportamiento del gasto en ciencia y tecnología, el PIB, el gasto público total y el componente programable del gasto público permiten las afirmaciones anteriores y, en cierta medida, parecerían restar algo de importancia a la crisis económica que afecta al sistema científico y tecnológico. Sin embargo, lo que se revela en cualquier tipo de análisis que se emplee influye en dos situaciones sobre las que no cabe duda alguna: 1] deficiente política oficial global que repercute en decisiones locales institucionales y en una dispersión del gasto en C. y T. en un gran número de sectores, programas y proyectos, y 2] el gasto específico en los programas de formación, educación y desarrollo de recursos humanos para dichas actividades ha sufrido decrementos considerables a partir de 1982.

El punto anterior se pone de relieve muy especialmente en las instituciones de investigación científica más importantes en cada uno de los sectores en que se distribuye el gasto del sistema. Como ejemplo aportamos información para el sector de las instituciones de educación superior, en el cual la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) representa el organismo más importante, tanto por el gasto a ella asignado como por su participación en el sistema nacional de la investigación científica y la educación superior. Durante 1987 le correspondió el 46.5% del gasto en ciencia y tecnología del sector, y ella, a su vez, generó durante 1984 el 48% del total de la investigación en esas ramas que correspondió a su propio sector, el de educación superior. A pesar de su importancia a nivel nacional, en la institución el gasto en investigación ha sufrido, de 1982 a 1988, un descenso considerable en prácticamente todos los rubros. Uno de los

más afectados ha sido el de "las remuneraciones personales"; las de los investigadores de carrera y profesores cayeron en 21.5%, y el rubro destinado al programa de formación de investigadores decayó en 57.0%. La afectación a la investigación y docencia en la UNAM ha repercutido también en las líneas directamente involucradas en las tareas científicas. Ellas, en conjunto, se redujeron en 56%. Las cifras citadas están equiparadas a precios constantes, con base en 1980.

Si bien el caso de la UNAM podría parecer un ejemplo extremo, por la magnitud de la misma, la revisión de lo que ha acontecido en instituciones más modestas ratifica plenamente lo expuesto líneas arriba.

Estas situaciones llevaron al gobierno federal a concebir y desarrollar un mecanismo de relativa compensación salarial, el Sistema Nacional de Investigadores. A través del mismo se trata de remediar exclusivamente la deteriorada situación salarial de algunos de los miembros más destacados de la comunidad científica. Se pretende también evitar hasta donde sea posible la llamada "fuga de cerebros". Los datos "ponen suficientemente de relieve la estrechez económica a que quedó sometida la investigación científica" [Saldaña y Medina] y en general las actividades de ciencia y tecnología durante estos últimos años.

#### PROPUESTA PARA UNA CONSIDERACIÓN SOCIOCULTURAL DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA

La descripción general de los antecedentes y la situación actual del sistema científico y tecnológico en México, cuyos detalles y pormenores están presentes en algunos de nuestros propios trabajos y en los realizados por otros expertos, permiten presentar los puntos más relevantes para una realista consideración sociocultural:

1] En México se trabaja en actividades científicas en un número significativo y relevante de disciplinas y subdisciplinas —algunas de ellas con investigaciones de frontera—, se dispone de un total de 631 instituciones con 2 175 unidades de investigación. En la mayoría de ellas los recursos humanos son de un adecuado nivel de preparación, el 56% posee estudios de posgrado (especialización, maestría o doctorado). En el propio subsistema de investigación de la UNAM, el 36% del personal pertenece ya a los niveles y categorías más elevados, que presuponen los grados de maestría, doctorado y posdoctorado, o la experiencia equivalente.

La infraestructura o aparato logístico nacional era —hasta 1984— en términos generales adecuado, disponiendo de los servicios mínimos nece-

sarios para apoyar las tareas de investigación, tanto en el plano de sus insumos —materiales y reactivos— como en el de los medios de difusión de resultados. Esta infraestructura hizo crisis en 1990; sin embargo, se mantuvo funcionando en la gran mayoría de las instituciones. La reacción muy cercana en tiempo parece estar ya presente con algunas acertadas políticas de fortalecimiento oficiales e institucionales.

2] Se dispone de un sistema científico y tecnológico relativamente importante, en especial en el contexto latinoamericano, y se cuenta con diversos mecanismos e instrumentos jurídicos, políticos y administrativos para organizar y desarrollar una política mucho más eficaz en ciencia y tecnología. Los primeros frutos de una incipiente reestructuración se plasman en algunas medidas de apoyo por parte del Conacyt y, en el caso más conocido, de la UNAM.

3] La comunidad científica nacional ha tomado conciencia, particularmente en los años más recientes, de la necesidad, por un lado, de enfrentar la crisis con actitudes positivas que la ha llevado a profesionalizarse, y por el otro, de prestar su apoyo a los planes institucionales que buscan la descentralización y el fortalecimiento de la actividad científica, tanto con la creación de nuevos polos de desarrollo fuera del área metropolitana de la ciudad de México como con las estrategias para la consolidación de grupos científicos.

4] El sector productivo, que podría y debería aprovechar los aspectos tecnológicos derivados del quehacer científico y una de las facetas de la ciencia y la tecnología de más honda preocupación económica y social para su desarrollo futuro, va camino a su modernización. No es posible pensar en que se siga retardando su despegue productivo en el que tiene que asumir el papel de usuario, no sólo potencial, ahora ya real de los resultados de la investigación científica en sus planos local, regional y nacional.

5] Frente a estos puntos de carácter estático se plantea la consideración dinámica: la perspectiva de la ciencia y la tecnología de cara a procesos no sólo de un futuro inmediato o mediano, sino de un presente insoslayable en los ámbitos internacionales y regionales, y en algunos aspectos también nacionales.

En nuestro contexto iberoamericano estamos ante un acontecimiento que nos hermana, el V Centenario del encuentro de dos mundos, que debe contener en su significado cultural amplio el más restringido que corresponde a nuestros respectivos desarrollos científicos y tecnológicos como *producto* y como *proceso* de nuestro común pasado cultural. La última década de este siglo llevará a los países de mayor nivel en ciencia y tecnología los componentes estructurales de la tercera revolución industrial, con



todos los beneficios, riesgos y consecuentes e inevitables cambios socio-culturales que desembocan en la posmodernidad.

6] El reto de esta situación ante una nueva era tiene para la región su punto de partida precisamente en 1992, cuando menos para España en su total integración europea y, tentativa y consecuentemente, también se podría derivar para la América hispano-lusitana. Ello podría abrir para nuestros países la oportunidad de aprovechar y aprender de las experiencias pasadas para, esta vez, no llegar tarde y mal al umbral del tercer milenio con toda su carga de revolución tecnológica, industrial, científica y, desde luego, sociocultural.

Las comunidades científica y tecnológica nacionales, y probablemente las latinoamericanas, no pueden ya permanecer sin respuestas individuales y colectivas que les permitan romper los círculos viciosos de la precaria o inexistente relación con los sectores de la sociedad global. Para lograrlo deberá auspiciar, apoyar o implementar por su cuenta las reformas necesarias al sistema científico y tecnológico así como al de sus propias instituciones, exigir al Estado los apoyos y los cambios necesarios, hasta ahora tan poco efectivos y sólo paliativos, que faciliten y permitan las vinculaciones sociales y los aprovechamientos óptimos de los recursos destinados a ciencia y tecnología, para con ello ofrecer a los sectores sociales su capacidad de investigación y desarrollo tecnológico, y colaborar en la solución de los problemas presentes y los que se plantearán en las próximas décadas con los avances en todos los terrenos, no sólo en el científico y tecnológico.

Consideramos que esta tarea compete esencialmente a la comunidad científica; sin embargo, deberá ser compartida por el Estado y el sector productivo, cada uno de ellos en sus particulares ámbitos de acción, pero con igual decisión y voluntad políticas. No parece fácil vislumbrar ahora en cuál de estos tres sectores se producirá primero el disparo mental que cambie las tendencias.

7] En esta realidad se debe considerar una más, presente ya y actuante: la nueva forma de inserción del país y de la mayoría de los latinoamericanos en la economía mundial. Según Sagasti, actualmente se da una fase de transición, caracterizada en cierta medida por el "deterioro de los precios de las materias primas que se exportan en la región y la crisis por la impagable deuda externa que están demostrando la inviabilidad del modo actual de inserción en la economía internacional y de un debilitamiento manifiesto en las relaciones económicas con el resto del mundo". Sin duda, ante esta situación dará inicio una etapa de acoplamiento y un nuevo patrón en las interacciones, que será relativamente flexible y que probable-

mente durante la década próxima dará lugar a una “ventana de oportunidad” que quizá no vuelva a presentársele a la región.

Frente a esta coyuntura, el papel de la ciencia y la tecnología será de enorme importancia. Es probable que se transforme —más que en ningún otro periodo de la historia de los países latinoamericanos— en la condicionante principal del patrón de reinserción, primeramente sólo económica y posteriormente sociocultural. Durante estos años que dan marco a dos importantes acontecimientos, el V Centenario del encuentro de dos mundos y, muy especialmente, el Tratado de Libre Comercio, se generará un espacio regional que, bien aprovechado, podrá dar origen al surgimiento de un bloque de los países de la región. La conjunción de los esfuerzos nacionales pueden dar respuestas positivas en el campo de la ciencia y la tecnología a las enormes demandas sociales y económicas internas, lo que a su vez facilitará acortar la brecha tecnológica y científica que por ahora parece insalvable.

Este respiro que podría significar la “ventana de oportunidad” proporciona un aliento optimista, una posibilidad de salida del estado actual en que se encuentra nuestro sistema científico y tecnológico. Sin embargo, habrá que tomar plena conciencia de ello y actuar en consecuencia, con un cabal sentido práctico, nacionalista, latinoamericano e incluso iberoamericano, en donde el componente sociocultural tiene, imprescindiblemente, que ser considerado e intensamente fomentado. Para ello habrá que:

a] Auspiciar los cambios en cada una de nuestras instituciones, en especial las de educación superior, en donde se genera el conocimiento y se realiza la investigación científica, que permitan poner fin al modelo “ilus-trado” de organización de la ciencia que ha imperado hasta la fecha.

b] Evitar la dispersión y concentrar esfuerzos para “sumar a la excelencia y al compromiso una mayor productividad de la investigación científica y tecnológica” [Saldaña y Medina].

c] Ejercitar toda nuestra capacidad imaginativa para, adelantándonos varias décadas, poder prever cuál será la mejor forma de aprovechar los adelantos de la tercera revolución industrial, frente a la cual, ahora, estamos rezagados.

Como punto final retomamos nuestra consideración fundamental: la ciencia y la tecnología como producto cultural y proceso social con especial énfasis en el plano educativo. Es aquí, en el impulso que deberá darse a la enseñanza, comunicación y difusión de los avances científicos y tecnológicos, en donde radica la estrecha imbricación con lo sociocultural.

En tanto los dos elementos del producto cultural y del proceso social no contribuyan intensamente a la formación de una cultura científica y tec-

nológica nacional, no será factible remontar los obstáculos para una adecuada vinculación e interacción entre los sectores de la sociedad global. Hacia esta dimensión del estudio de la ciencia y la tecnología se dirigen los esfuerzos de investigación interinstitucional e interdisciplinaria de los miembros del proyecto general: *La cultura científico-tecnológica nacional desde las perspectivas sociales, económicas, históricas y comunicativas: Búsqueda de una convergencia teórico-metodológica*, que llevamos a cabo diez investigadores en el marco institucional de la Universidad Nacional Autónoma de México y, además, con la participación de cinco investigadores de otras tantas instituciones de investigación y educación superior nacionales.

Esperamos que nuestra aportación contribuya con éxito a la acción conjunta en todos los sectores sociales a nivel local, regional, nacional e internacional, para transitar por la senda que marca ya la última década del siglo, si no queremos perder la oportunidad de entrar de lleno en la modernidad. Este concepto, ahora de uso cotidiano en nuestro ámbito político, debemos entenderlo como el manejo simbólico del deseo implícito de buscar el camino que nos permita reasumir como sociedad una postura digna, comprometida y nacionalista que haga posible emerger y superar nuestras limitaciones actuales en el terreno científico y tecnológico.

## BIBLIOGRAFÍA

- Campos, Miguel-Angel y Jiménez, Jaime. *El sistema de ciencia y tecnología en México*, México, Instituto de Investigación en Matemáticas Aplicadas y Sistemas, UNAM, 1991.
- Casas, Rosalba y Ponce, Carlos. *Institucionalización de la política gubernamental de ciencia y tecnología, 1970-1976*, México, Instituto de Investigaciones Sociales, UNAM, Taller de Investigación núm. 1, s/f.
- Chavero G., Adrián. *Actividad científico-tecnológica y desarrollo económico en México*, México, Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM, 1988.
- , y Delia M. Vergara. "La evolución de la actividad científico-tecnológica; la transferencia de tecnología en la década de los ochenta y sus perspectivas para 1992", *Seminario de Economía Mexicana*, México, Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM, 1992.
- , y Delia M. Vergara. *Estadísticas de la Investigación: origen, financiamiento y aplicación*, México, Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM, 1992.
- Lustig, Nora et al. *Evolución del gasto público en ciencia y tecnología*, México, Academia de la Investigación Científica, A.C., 1989.

- Mulkay, Michael. *Science and the Sociology of Knowledge*, Londres, G. Allen and Unwin, 1979.
- Rodríguez Sala, Ma. Luisa. "Científicos y actividad científica en la zona fronteriza del norte de México. Algunos aspectos de su institucionalización", en *Cuadernos de Investigación* 29, Instituto de Investigaciones Sociales, UNAM, 1990.
- Sagasti, Francisco. "Crisis y desafío científico y tecnológico en el futuro de América Latina" en *Comercio Exterior*, vol. 38, núm. 12, diciembre de 1988.
- Saldaña, Juan José y Medina, Luis: "La ciencia en México, 1983-1988" en *Comercio Exterior*, *op. cit.*, pp. 1107-1110.

## LA MODERNIZACIÓN EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA Y LA REALIDAD INTERNACIONAL

Juan José Saldaña

Sin ningún sentido dramático y sí con el que se deriva de la realidad que estamos viviendo, y aún del de nuestra historia, debe reconocerse que México está ahora ante un momento crucial. Es el punto de bifurcación del camino que emprendió este país hace algunas décadas y que nos lleva a decidir por el nuevo por el que se habrá de transitar en el futuro. Como en realidad esta decisión no es única de México sino que lo es de prácticamente todos los países en la hora actual, y dado que concierne a las posibilidades de México en un mundo que se organiza en bloques y grupos, me referiré también a América Latina. El conjunto de países que conforman esta zona geocultural están obligados a hacer frente al desafío más importante al que jamás se hayan enfrentado: el de su integración y complementación efectiva en varios órdenes, y especialmente en el científico y tecnológico.

La realidad internacional, a pesar de circundarnos y formar el mundo en que vivimos, y que por su inmediatez debiera resultarnos comprensible, familiar y hasta manejable, se nos ha vuelto, no obstante, prácticamente inasible. Se nos escapa, por una parte, porque carecemos de los marcos interpretativos que nos permitan aprehenderla racionalmente. Por la otra, porque la velocidad del cambio, lo inédito de éste y la profundidad de las transformaciones que se están produciendo en todos los ámbitos ha sido tal, que ni siquiera en el plano informativo estamos capacitados para seguir y asimilar todo lo que acontece.

En un trabajo anterior he analizado la tercera revolución industrial y la manera como América Latina había experimentado la primera y segunda revoluciones industriales así como la revolución científica, lo cual me condujo a algunas consideraciones sobre los científicos, sobre la ciencia y la tecnología y sobre el Estado.<sup>1</sup> En esta ocasión desearía partir de lo dicho entonces para intentar cumplir con lo que los organizadores del Simposio me han solicitado. Previo a ello debo advertirles que para un historiador de

<sup>1</sup> Saldaña, Juan José, "Ciencia y Estado en América Latina", *Anais do 2o. Congresso Latino-Americano de História da Ciencia et da Tecnologia*, Sao Paulo, Nova Stella, 1989, pp. 17-25.

la ciencia latinoamericana como soy yo, profesionalmente entrenado en el estudio del pasado, se me ha solicitado algo que rebasa mis capacidades, es decir, debo anticipar el futuro. Pero, ¿puede alguien en la vorágine actual asumir esta tarea? ¿Resulta posible predecir con alguna base lo que habrá de acontecer en, digamos, 10 o 15 años, o aún menos? Los agoreros, sobre todo los más pretenciosos, han debido renunciar a hacer previsiones sobre la evolución futura de los acontecimientos, ya que este final del siglo XX los ha hecho quedar mal a todos. Esto ha sido una consecuencia del movimiento inercial, constantemente acelerado por innumerables factores actuantes, muchos de ellos de carácter emergente, que es ya la característica principal de nuestra época. A pesar de ello, comparezco ante ustedes porque si mis colegas de otras disciplinas hoy se resienten del carácter esencialmente novedoso del mundo actual, para el historiador, a diferencia de ellos, es normal trabajar con el cambio, puesto que forma parte de su mismo objeto de estudio. Más aún, el análisis del cambio histórico permite encontrar líneas tendenciales y caracterizar las coyunturas en las que actúa la dinámica histórica. Éste es, después de todo, el interés que tiene la historia: ayudarnos en la comprensión del presente y de sus alternativas.

#### ANTECEDENTES

La historia social de la ciencia y la tecnología de nuestra región nos lleva a conclusiones y advertencias sobre los siguientes puntos:

1. La “crisis de las ideologías” afectó en las últimas décadas a las ideologías que se desarrollaron desde hace más de un siglo para “entender” a América Latina, lo cual si bien produjo un cierto desencanto entre los intelectuales de la región permitió, después de todo, una benéfica apertura de criterios. De la misma manera, hay que constatar la ausencia en el pensamiento latinoamericano, hasta una época reciente, de una reflexión sobre la ciencia y la tecnología y sobre su papel en la sociedad.<sup>2</sup>

2. Los científicos latinoamericanos desde el final del siglo XVIII regu-

<sup>2</sup> No desconocemos los innumerables programas, planes y exhortaciones para fomentar la ciencia y la tecnología formulados a lo largo de 200 años en América Latina, ni los también numerosos estudios sobre la “dificultad” para hacer anidar a estas actividades en nuestra región. Nos referimos más bien a la ausencia de una reflexión sobre la naturaleza y la función de la ciencia en la sociedad latinoamericana. Al respecto véanse los trabajos que hemos reunido en: Saldaña, J.J. (ed.), *El perfil de la ciencia en América*, colección Cuadernos de Quipu, núm. 1, México, Sociedad Latinoamericana de Historia de las Ciencias y la Tecnología, 1986.

larmente vieron el futuro y sus posibilidades con enorme optimismo (siguiendo el ejemplo europeo) y sus frustraciones fueron igualmente grandes. Por lo general se pensó que el cambio y el progreso eran cuestión de tiempo y de imitación de lo que se hacía en las metrópolis científicas y tecnológicas de entonces. En la actualidad nos acercamos con una confianza similar a la de los dos siglos anteriores al siglo XXI y a la tercera revolución industrial. Una vez más, la ciencia y la tecnología parecen ser las portadoras de la esperanza para que nuestros países puedan hacer frente con éxito a los desafíos del presente y a los que se avizoran en el futuro.<sup>3</sup>

Los pregoneros del porvenir regularmente han sostenido la novedad esencial del futuro y han encontrado en los avances de la ciencia y de la técnica las razones para hacerlo. Pero hoy se vuelve necesario extraer de las lecciones del pasado la siguiente advertencia: el proceso que se está viviendo en el plano internacional puede muy bien no ocurrir en América Latina (o, lo que es lo mismo, ocurrir sólo como parodia), pues no es ni en sí mismo necesario ni automático para nuestra región. Por ello es indispensable preguntarnos sobre cómo deberíamos preparar el cambio que necesitamos y que al parecer se avecina.

3. La difusión de las revoluciones científicas y técnicas fueron consideradas en su momento al margen de la realidad social e histórica en que se vivía. Se les vio como un proceso mecánico de traslado de acciones, actitudes y formas de organización a otro medio sociocultural distinto del originario (el europeo-americano), esperando obtener los mismos resultados, los apetecidos resultados de las revoluciones científico-tecnológicas según se contemplaban desde este lado del Atlántico, o desde este lado de la frontera norte de América Latina. Nunca, prácticamente, se tomó en consideración a nuestras realidades, a nuestras "necias realidades". Estas no sólo impusieron modalidades, a decir verdad auténticas anomalías al paradigma que se buscaba imitar, sino que incluso le originaron efectos perversos como, entre otros, las políticas proteccionistas en el siglo pasado o de sustitución de importaciones en el actual, hablando de la tecnología y la industria, o el cultivo eminentemente "académico" o ilustrado de la ciencia, hasta convertirla en ciencia "intramuros" de la universidad, que por desgracia prevalece generalmente hasta el presente.

Las revoluciones científico-técnicas no se difunden en la geografía y

<sup>3</sup> Véanse al respecto los interesantes análisis prospectivos reunidos en, Ominami, C. (ed.), *El Sistema Internacional y América Latina. La Tercera Revolución Industrial. Impactos internacionales del actual viraje tecnológico*, Buenos Aires, Grupo Editor Latinoamericano, 1986.

en el tiempo como lo hace la imagen de un objeto en el espejo que lo refleja. El plano de la reflexión en el caso de la reflexión óptica es fundamental para la formación de la imagen reflejada. En el caso que nos ocupa el plano de la reflexión social e histórica es también fundamental, pues en él radican las posibilidades de éxito de nuestras expectativas futuras. El plano de la reflexión significa las condiciones socioculturales y sociohistóricas de nuestra evolución científico-técnica que deben ser tenidas en cuenta en el diseño de las políticas y de las estrategias de modernización. En otro sentido, el plano de la reflexión comprende también la elaboración de los marcos conceptuales que nos permitan *pensar nuestro desarrollo científico y técnico* en lo que tiene de específico.

4. El Estado en América Latina desempeñó una *función estructurante* tanto de la industrialización como de la ciencia. En el caso de la industria, en el siglo XIX las concesiones, las políticas fiscales y arancelarias, las obras de fomento como entonces se decía, es decir, la creación de la infraestructura bancaria, financiera, de comunicaciones, etc., corrió por cuenta del Estado. Ésta fue concebida para cimentar lo que de otra manera no podría desarrollarse en el país por la falta de capitales y por el control que ejercían los países industrializados sobre la economía mundial. Inevitablemente la relación de dependencia se estableció y ello afectó al incipiente desarrollo industrial y correlativamente el avance tecnológico y científico latinoamericanos.

En el terreno científico la creación de una infraestructura pasó a ser también una de las metas del Estado, particularmente en países como Argentina, Brasil, Colombia, Chile, México y Perú. En comparación con las primeras décadas, lo que se construyó a partir de los años setenta del siglo XIX en el ámbito científico fue notablemente superior tanto cuantitativa como cualitativamente. Al terminar este periodo, hacia los años treinta del siglo XX, una buena parte de los países latinoamericanos contaban ya con comunidades científicas y tecnológicas, con instituciones, y con una tradición que pudo servir de fundamento a las políticas de industrialización que se intensificaron en toda nuestra región después de la Gran Depresión y de la segunda guerra mundial.

A pesar de lo anterior, y esto como dijimos es un rasgo estructural de la ciencia latinoamericana, en general se mantuvo el carácter académico o ilustrado de la ciencia latinoamericana, cultivándosele en instituciones de enseñanza o de investigación dependientes del Estado. El sector productivo o es trasnacional, o bien nacional (y aun público), pero en casi ningún caso contribuye al impulso de una ciencia y una tecnología que respondan a las necesidades del país. Correlativamente, los científicos y los técnicos



viven verdaderos estados de frustración, pues sabedores de que poseen conocimientos potencialmente útiles no son, no obstante, utilizados.<sup>4</sup>

5. El Estado, y consecuentemente la política, han estado presentes en nuestro desarrollo científico y técnico y, más aún, lo han organizado.<sup>5</sup> El Estado despótico borbónico diseñó un proyecto de desarrollo económico o revolución industrial para la América Española que requería del empleo de la ciencia y de la tecnología para su realización. Lo transfirió a aquellas de sus colonias en donde estratégicamente se requería y en función de sus intereses. Bajo la forma de un saber oficial se institucionalizaron en varios países las ciencias modernas, animadas de un espíritu secularizador y pragmático, principalmente.

El Estado nacional en los distintos países latinoamericanos desde su nacimiento se interesó por las ciencias, principalmente por su enseñanza, en el marco de las luchas políticas e ideológicas que caracterizaron la primera fase de la vida independiente de América Latina, y contribuyó a la estructuración de la actividad científica al haberle aportado los elementos, así hayan sido mínimos, para su desarrollo. En el último tercio del siglo XIX y en las primeras décadas del actual, una serie de estados fuertes y en ocasiones autocráticos pusieron en marcha un proceso industrializador e impulsaron de manera significativa las ciencias con la intención de formar una infraestructura necesaria para las transformaciones a las que aspiraban, apoyándose además en la filosofía positivista y en su articulación con la economía mundial.

En el presente siglo la relación del Estado con la ciencia ha ido estrechándose cada vez más, en la misma medida en que la ciencia, en lo fundamental, ha mantenido su carácter académico o "ilustrado". Y aun en el caso de las ingenierías, ha sido la actividad del Estado en el campo de las obras públicas la que más ha influido en su desarrollo por haber sido su principal consumidor. El Estado protector de la ciencia inicia desde las primeras décadas del siglo acciones tendientes a fomentarla; la creación de universidades o el refuncionamiento de otras previamente existentes a cargo del Estado tuvo lugar en la mayor parte de América Latina hace cincuenta años; desde hace treinta, aproximadamente, el Estado crea organismos especia-

<sup>4</sup> Véanse Safford, F. *The ideal of the practical. Colombia's struggle to form a technical elite*, Austin, University of Texas Press, 1976; Saldaña, J.J., "La ideología de la ciencia en México en el siglo XIX", en *La ciencia moderna y el Nuevo Mundo*, Madrid, CSIC-SLHCT, 1985, pp. 297-326.

<sup>5</sup> Saldaña, J.J. "La ciencia y el Leviatán mexicano", en *Actas de la Sociedad Mexicana de Historia de la Ciencia y de la Tecnología*, vol. 1, 1989, pp. 37-52.

lizados para fomentar y financiar la actividad científica y tecnológica; en los últimos años, en algunos países, la política científica y tecnológica ya está alcanzando rango constitucional (como en Brasil), aunque en algunos otros, al parecer, se ha debilitado el interés por la política científica y tecnológica.

Por otra parte, la naturaleza política del Estado en América Latina se ha modificado sustancialmente con el paso del tiempo y de las transformaciones sociales que han tenido lugar en la región. En algunos países (México y Costa Rica, por ejemplo) se ha alcanzado un nivel de institucionalización política que es realmente singular. Pero, sobre todo en los últimos años, la democracia política y la juricidad han pasado a ser realidades en casi todos los países. Éste es un hecho con el que hay que contar ahora para bien, según creo, de los intentos de integración latino-americana.

#### PERSPECTIVAS

Los cambios económicos y políticos mundiales que se han experimentado en tan sólo pocos años (y aun en pocos meses) han hecho desaparecer, o que estén a punto de hacerlo, las preocupaciones que sólo una década atrás orientaban la ciencia y la tecnología mundiales. El armamentismo, la conquista del espacio, la física de altas energías y la bioquímica, entre otros temas, han cedido el paso a nuevos como el medio ambiente, la salud, la agricultura, las fuentes de energía alternas, la biotecnología, la productividad industrial y el desarrollo económico. En la focalización que podemos hacer del futuro de América Latina estos cambios pueden significarnos algunas oportunidades en el plano internacional y, sobre todo, orientar el esfuerzo que se hace en investigación y desarrollo en función de las numerosas e imposterables necesidades sociales. Ahora bien, *estas nuevas opciones reclaman un proyecto de desarrollo científico y tecnológico regional estrechamente interconectados e interdisciplinario* (similar al que ya se está desarrollando en varias partes; en Europa, por ejemplo). Los enormes recursos financieros necesarios para la investigación, los recursos humanos altamente capacitados que se requieren, la infraestructura y la organización que se necesitan y otros aspectos implicados, sólo podrán resolverse mediante un esfuerzo conjunto llevado a cabo por un grupo de países. Además, esto se vuelve indispensable si tomamos en cuenta la relativa insuficiencia de los países latinoamericanos individualmente considerados. Lo anterior no excluye, desde luego, la cooperación con otros países de

fuera de la región, ya que el desarrollo que tenemos a la vista necesita sin duda de una participación e interconexión internacional en muchos de sus aspectos (por ejemplo, en lo relativo al debilitamiento de la capa de ozono en la estratosfera, a la destrucción de la diversidad genética, a los desarrollos biomédicos como son nuevos fármacos, a la reducción de los consumos de energía y de materiales en los procesos industriales, a la reducción del impacto ambiental de la industria, etc.). Sólo que en vez de enfrentar aisladamente a la competencia internacional los países latinoamericanos tendrán mucho que ganar en el plano de la negociación y de la cooperación internacional si se presentan unidos y colaborando entre sí.

Esta situación que avizoramos nos lleva a preguntarnos por: a) el lugar de la ciencia y la tecnología en la política de los estados latinoamericanos; b) una política para la ciencia y la tecnología adecuada al cambio, y c) una educación científica y tecnológica. Estas cuestiones, ancladas como están en nuestra peculiar historia científica y tecnológica, de alguna manera dibujan el panorama y el reto que tiene América Latina ante sí.

#### LA CIENCIA, LA TECNOLOGÍA Y LOS ESTADOS LATINOAMERICANOS

El requerimiento para toda política en la época actual, incluida la política científica y tecnológica, es la democracia. Sólo en la democracia y en la plena participación ciudadana resultará posible canalizar la energía social de manera solidaria. América Latina tiene muchas miserias humanas insatisfechas y la única justificación del esfuerzo social que supone la ciencia y la tecnología en la época actual es la de coadyuvar a la solución de los problemas sociales, empezando por los más agudos como la alimentación, la salud, la educación, el empleo y la vivienda. En los estados democráticos la ciencia y la tecnología pueden encontrar las mejores condiciones para su desarrollo. Y, a su vez, la alianza entre los científicos y tecnólogos por una parte, y las democracias por la otra, es la condición *sine qua non* para la cabal realización de las tareas políticas de los estados, en particular para lograr la solidaridad social.

Por otra parte, la ciencia y la tecnología en los países latinoamericanos siguen estando vinculadas a los organismos públicos y dependiendo de ellos. Ésta es hasta ahora su principal característica estructural. Desde luego, esta situación deberá modificarse y cada vez son mayores los síntomas de que un cambio se ha iniciado en el sentido de que la industria privada y pública se interesan por la investigación. Mientras ello ocurre

*seguirán siendo los estados los principales promotores de la investigación científica y tecnológica*, y los responsables de su orientación. Las relaciones entre la industria, la academia y los gobiernos, y aun otros sectores como los sindicatos, las agrupaciones de agricultores o de empresarios, habrán de multiplicarse hasta constituir el tejido social que haga de la ciencia y la tecnología un valor social compartido. La problemática de la salud, la energía, el medio ambiente, la productividad y el desarrollo, entre otras, requieren de una acción coordinada y cooperativa entre todos estos actores sociales.

En otro aspecto, en los pasados años se sentaron bases para la cooperación latinoamericana en varios órdenes, y algunos resultados se produjeron, como el Grupo de los Ocho, las reuniones de ministros de Cultura de los países miembros de este organismo, los acuerdos de integración económica subregional (Brasil-Argentina-Uruguay, por ejemplo) y aun de colaboración científica y tecnológica (programas brasileño-argentino de biotecnología, mexicano-venezolano de investigación petrolera, etc.), o reuniones regionales para diseñar estrategias conjuntas de los países (Reunión de São Paulo de la ONCYTS y la de Acapulco patrocinada por la UNESCO y el CCC, ambas en 1990) que anticipan lo que podría ser la integración científica y tecnológica de América Latina. Los estados democráticos de América Latina deberán desempeñar cabalmente este esfuerzo de complementación bilateral y multilateral, el cual puede operar en muchos campos de la investigación científica y el desarrollo tecnológico.

Entre las dificultades a vencer está el aislamiento y la falta de información entre los países. Nada es más desesperanzador al lado de la escasa colaboración que hoy existe, que las dificultades para la comunicación científica y tecnológica existente entre los países latinoamericanos. Hablamos una lengua común (pues para este fin el portugués no hace diferencia), tenemos una cultura semejante y un pasado que nos identifica y no obstante estamos alejados como no cabría imaginarlo. ¿Por qué existen tan pocas publicaciones científicas latinoamericanas y tantas, y a veces tan limitadas, publicaciones nacionales? El esfuerzo de investigación integrada deberá llevarnos a producir algunas excelentes publicaciones regionales de verdadero impacto internacional, en vez de desconocidas y frecuentemente mediocres publicaciones nacionales. El potencial científico y tecnológico de cada país latinoamericano puede ser aumentado considerablemente a través de medidas como intercambios, comités disciplinarios conjuntos, programas de Investigación y Desarrollo llevados a cabo por varios países utilizando sus ventajas comparativas, compartiendo el trabajo y los resultados en una colaboración multinacional. Por ejemplo, los programas de posgrado

y de formación de personal de investigación de los distintos países podrían ser complementarios entre sí o realizados ahí donde existan posibilidades y calidad mayores. ¿Cuántos de nuestros doctores se forman en posgrado de Europa y de Estados Unidos no necesariamente de primer nivel, y cuántos de ellos se podrían haber formado en Latinoamérica sin menoscabo de la calidad si siquiera se hubiera sabido de la existencia de posgrados semejantes en nuestra región, si dieran las facilidades y el apoyo necesario, etcétera?

Una tarea urgente es la de promover por parte de los estados los estudios sobre la ciencia y la tecnología regionales. En gran medida nuestra actual dificultad para estimar capacidades y para planificar para el futuro resulta de nuestro propio desconocimiento.<sup>6</sup> La investigación sobre la investigación se ha vuelto indispensable dado el importante desarrollo que ya ha alcanzado la ciencia y la tecnología en un buen número de países latinoamericanos. Actualmente, con frecuencia debemos recurrir a los bancos de información de los países centrales para obtener información sobre los indicadores de las actividades que se llevan a cabo en Latinoamérica. La información disponible es fragmentaria e incoherente. No existe ningún sistema permanente de información sobre el gasto, personal, productividad, infraestructura, impacto socioeconómico, etc., de la ciencia y tecnología latinoamericanas. Sobre los aspectos sociales, económicos, bibliométricos, éticos o históricos sólo tenemos visiones incompletas y más bien de carácter puntual. También es necesario desarrollar indicadores de la actividad científica y tecnológica que tengan en cuenta el contexto en que ésta se realiza y abandonen por tanto el formalismo y las idealizaciones de la ciéntometría clásica.

La orientación —las famosas prioridades— de la investigación científica y tecnológica es una función que corresponde a los estados y que no puede estar definida sólo por el mercado sino estar dirigida a la solución de los problemas sociales más urgentes. Sobre todo será necesario tener en cuenta que en cualquier escenario que concibamos del futuro los recursos económicos serán escasos y que será indispensable racionalizar el gasto en función de objetivos precisos. Desde luego lo anterior no significa que los objetivos más tradicionales de la investigación —la llamada investigación básica— deban ser abandonados, aunque sí encuadrados en prioridades relativas y en programas de investigación. Por otra parte, resulta obvio que la

<sup>6</sup> Vessuri, H.M.C. "The social study of science in Latin America", en *Social Studies of Science*, 17, 3, 1987, pp. 519-553.

participación de los propios científicos en la definición de las prioridades es indispensable.

Estas y otras tareas deberán emprenderlas los estados latinoamericanos para sostener, desarrollar y complementar el esfuerzo que cada uno de ellos realice en materia científica y tecnológica, como parte de un propósito real de integración latinoamericana.

#### UNA POLÍTICA PARA LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA ADECUADA AL CAMBIO

El elemento fundamental para una política de la ciencia y de la tecnología es lo relativo al financiamiento de la investigación. Son de sobra conocidas las magras cifras que arrojan los recursos destinados por los países latinoamericanos a investigación científica y desarrollo tecnológico. Los recursos necesitarán ampliarse considerablemente si se piensa que la investigación científica participe en un desarrollo social integral latinoamericano. La inversión en ciencia y tecnología siempre será rentable, y más aún si ésta forma parte de programas y planes de desarrollo. Las consideraciones antes apuntadas sobre la participación casi única de los organismos públicos en el financiamiento y la observación hecha sobre los signos de un cambio en la participación privada hacen deseable que se empiece a considerar el financiamiento de la investigación bajo el ángulo de la diversificación de las fuentes de recursos.

Uno es el papel rector del Estado y otro el de un Estado patrón. En los países centrales fue definitiva la intervención de otros agentes en el financiamiento de la investigación a través de fundaciones para el apoyo a la investigación, premios y recompensas, laboratorios industriales, centros de investigación privados (algunos a cargo de los propios científicos, convertidos así en industriales y en empresarios), etc.<sup>7</sup> El financiamiento casi único del Estado no es ni posible ni deseable. Ningún país latinoamericano cuenta con los suficientes recursos públicos para apoyar a la investigación científica según se necesita. Hacer de los científicos funcionarios, docentes o burócratas ha tenido en nuestra experiencia histórica, y en la de otros países, consecuencias indeseables para la investigación. Y aunque frecuen-

<sup>7</sup> Un estudio reciente sobre el caso francés es el de Paul, H. W. *From knowledge to power. The rise of the science empire in France 1860-1939*, Cambridge University Press, 1985; sobre el financiamiento de la ciencia en Francia puede consultarse Crosland, M. y A. Gálvez, "The emergence of research grants within the prize system of the French Academy of Sciences, 1795-1914", en *Social Studies of Science*, 19, 1, 1989, pp. 71-100.

temente los propios científicos latinoamericanos rehúyen salir del ámbito de las instituciones públicas, habría que recordarles que los mayores atentados contra la investigación, paradójicamente, han venido de gobiernos (autocráticos u otros) que malentienden su papel rector y los intereses del país, y los convierten en investigadores de cosas "útiles" a corto plazo. El Estado debe velar, a través de políticas adecuadas y creando los instrumentos convenientes, por una estabilidad en el financiamiento de la investigación, tanto para la orientada *como para aquella de carácter básico que tiene posibilidades* de conseguir resultados. Los científicos, a su vez, necesitarán presentar sus proyectos y sus ideas de tal manera que la sociedad y los organismos de política científica y tecnológica puedan entender sus metas, sus procedimientos y sus posibles resultados. En este sentido, la divulgación y la formación de una cultura científica deben desempeñar un papel muy importante. La sociedad debe entender el valor de la ciencia y los científicos deben comprender su función social.

La política para la ciencia que nuestra región está necesitando y que cada vez más habrá de necesitar, debe contemplar a la cooperación internacional como algo indispensable. Tanto los convenios bilaterales como los multilaterales o los regionales entre las naciones latinoamericanas, y entre éstas y otras de similar o superior grado de desarrollo, será una característica del nuevo estado de cosas por la interdisciplina y la complementariedad que demandan las nuevas áreas de investigación. Los acuerdos y los proyectos conjuntos que se pongan en marcha en América Latina también habrán de repercutir favorablemente por la debilidad de infraestructura que en mayor o menor medida existe en nuestros países, y por el desinterés de las naciones de mayor desarrollo y de los bloques de países para apoyar nuestro desarrollo, pues ello es consustancial a su propio papel dominante que tienen y tendrán cada vez más en el futuro. El arribo de los países de Europa del Este al mercado mundial de conocimientos y de productos científicos y tecnológicos agudizará la situación actual, que ya de suyo es bastante desfavorable para nuestros países.

Otro aspecto que deberá modificarse es el que se refiere a la administración de la ciencia y de la tecnología. Una política eficaz en estas materias necesita de una agilidad y oportunidad en el diagnóstico, en la búsqueda de alternativas y en la toma de decisiones. La burocratización y la lentitud han caracterizado a muchos de los organismos gubernamentales de ciencia y tecnología, así como a universidades y otros centros de investigación. El sistema nervioso de los países pasa por su sistema de ciencia y tecnología. Su administración necesita ser efectiva, dinámica, competente y, si posible, no centralizada.

## HACIA UNA EDUCACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA INNOVADORA

Los sistemas de educación científica y tecnológica son y serán la piedra angular del cambio. Varios aspectos quedan comprendidos en este apartado. En primer lugar mucho habrá que hacer para innovar en la enseñanza de las ciencias y de la tecnología, tanto para aumentar los rendimientos escolares de los estudiantes de todos los niveles educativos como para motivar a jóvenes a abrazar la carrera científica. Hoy, en varios países de la región aparece el problema del desdoblamiento de las facultades de ciencias y del desempleo de científicos. Ésta es, por tanto, una cuestión de supervivencia.

El aspecto educativo también comprende el de la valoración de la ciencia y de la tecnología por todos los ciudadanos, y es un problema cultural. La divulgación científica y el papel de los escritores, periodistas, editores, museógrafos, cineastas, etc., y el de las instituciones que representan (que deberán actuar conjuntamente con los científicos) es para este asunto fundamental. De la misma manera, las sociedades y academias científicas, los clubes y otras organizaciones sociales tienen un papel muy importante para conformar la cultura científica de la población. Sólo haciéndolo la ciencia podrá realmente ser un valor social compartido y apreciado.

De la misma manera, la educación de los propios científicos y tecnólogos en otras áreas en las que no son expertos, como un medio para romper con su excesiva especialización, y su educación en los aspectos de la interacción entre ciencia, tecnología y sociedad, son fundamentales para terminar con los "idiotas científicos", según la expresión de Derek Price.<sup>8</sup> En cierto sentido se vuelve necesario desacralizar a la ciencia mostrándola como lo que es, una actividad humana. También es necesario mostrar a la ciencia en su contexto tanto epistemológico como histórico-cultural, pues sin él se desliza fácilmente la concepción de la ciencia hacia idealizaciones y fantasías. Cuestiones de naturaleza ética, política, económica y social asociadas a la ciencia y tecnología deben ser comprendidas y asimiladas por la comunidad científica, por los administradores de la ciencia y de la tecnología y por los distintos actores sociales. Las discusiones y las decisiones democráticas sobre la ciencia y tecnología requieren también de una opinión "informada". Esta información no es sólo, claro está, de carácter técnico, y necesita del concurso de los estudios sociales sobre la ciencia, lo cual, como ya dijimos, es urgente desarrollar en Latinoamérica.

<sup>8</sup> Price de Solla, D. *Science since Babylon*, Yale University Press, 1960.



Ante el desafío que significa la compleja realidad internacional actual, ante la inminencia de profundos cambios en la ciencia y tecnología, ante las urgencias sociales de nuestra región, actuar sobre nuestras “necias realidades” para transformarlas será, según lo pienso, la vía para lograr una América Latina integrada, responsable de sí misma y capaz de cumplir con lo que sus pueblos anhelan. No puede acontecer otra vez ni la imitación ignorante de nuestras condiciones peculiares ni, menos aún, una pasiva espera del futuro.

# TECNOLOGÍA Y AGROINDUSTRIA DE ALIMENTOS EN MÉXICO. TENDENCIAS ACTUALES Y REPERCUSIONES SOBRE LOS PEQUEÑOS PRODUCTORES

Argelia Salinas O.

## LA CRISIS GLOBAL DEL CAPITALISMO Y LA NECESIDAD DE LA TERCERA REVOLUCIÓN CIENTÍFICO-TÉCNICA

Ante la crisis mundial que prevalece desde hace ya más de tres lustros, y dadas las enormes dificultades para resolverla, los gobiernos de los estados nacionales y sus correspondientes clases dirigentes han apelado al postulado del libre cambio.

Reducir la participación estatal en todos los ámbitos de la economía se ha convertido en exigencia central de las clases dominantes y en vocación por excelencia de los grupos en el poder en el conjunto de países capitalistas. La política económica liberal ha constituido, por tanto, la mejor plataforma para contrarrestar la caída de la tasa de ganancia. En este contexto, la satisfacción de las necesidades sociales básicas ha dejado de ser un objetivo de extrema importancia al irse desmantelando los estados de bienestar, particularmente en los países subdesarrollados.

El establecimiento de nuevos “pactos sociales”, la menor intervención del Estado en el fomento económico y en el bienestar social, el aumento del desempleo y la reducción del salario en sus diversas modalidades son los factores más importantes que hace descansar la crisis sobre las clases subalternas y permite de facto una depreciación acelerada del capital fijo en áreas de la reconversión industrial que trae consigo nuevas tecnologías (informática, robotización y biotecnología, entre las principales), reforzándose de esa manera la presencia del capital oligopólico.

Dicho en otras palabras, junto con el endoso de los costos de la crisis a los trabajadores se avanza en una modernización tecnológica, misma que por su profundidad cualitativa y su inminente difusión generalizada puede conceptualizarse como una verdadera revolución (la tercera en su tipo a lo largo de la historia del capitalismo). Esta revolución tecnológica tiene el propósito de superar los escollos que impiden restablecer las condiciones generales de una adecuada rentabilidad del capital.

Si bien la reestructuración capitalista, incluyendo la revolución científico-técnica, es un fenómeno general que se inició en los países desarrollados, también se ha impuesto como necesidad en los del Tercer Mundo, e incluso ha influido en el derrumbe de los otrora llamados "socialismos reales".

En lo tocante a la modernización en los sectores que producen alimentos debemos destacar dos aspectos de extrema importancia:

1. Los países desarrollados han recorrido ya un largo trecho y hasta dirigen e imponen cambios que trascienden la esfera económica en los países atrasados. En ese sentido la adopción de las nuevas tecnologías por estos últimos no tiene el mismo efecto observado en las sociedades que les dieron origen. Se trata sustancialmente de un proceso que se efectúa en forma subordinada y constituye un espacio para la inversión de excedentes de capital trasnacional, sobre todo del estadounidense.

2. La estrategia actual de las grandes trasnacionales de los alimentos consiste en la puesta en práctica de políticas de desregulación y flexibilidad, ambos conceptos aplicables al mercado laboral, financiero, de materias primas y equipos, etc., lo que logran con el beneplácito de los estados huéspedes.

Son precisamente las grandes trasnacionales las que mejor han aprovechado hasta hoy los adelantos en materia de tecnología. Esta realidad ha conducido a la idea de que el progreso técnico está vedado a las pequeñas negociaciones agrícolas, pecuarias y agroindustriales; idea que, digamos de paso, se apoya en la experiencia de la revolución verde, que excluyó de sus beneficios a los pequeños propietarios.

Nuestra opinión es que, por un lado, *en la esfera específica de las nuevas adquisiciones tecnológicas se pueden filtrar métodos de producción técnica y financieramente viables en pequeña escala* y, por otro, *que ciertas tecnologías tradicionales pueden readecuarse para permitir que también los microproductores*, o al menos un número considerable de ellos, se incorporen a los beneficios de la tercera revolución científico-técnica, aunque en modo alguno debemos pensar que con ello se ubiquen en posición de evitar ser subsumidos por los grandes competidores. De igual modo, no todos los adelantos biotecnológicos podrán ser asimilados por las pequeñas unidades productivas.

En este contexto, también la producción agroindustrial de México ha comenzado a modificarse de manera importante en el marco de la modernización. Estas modificaciones y las que se avecinan deben ser evaluadas por sus posibles consecuencias negativas en los sectores mayoritarios de la población.

Uno de los cambios más relevantes en este sector es la biotecnología —hay que destacar el hecho de que su aplicación obedece a la necesidad de solventar la demanda de la industria alimentaria, sobre todo del segmento moderno de ésta, dominado por el gran capital nacional y trasnacional. En lo fundamental, la incorporación de esta tecnología obedece a la posibilidad de mantener cierto nivel de competitividad en los productos agrícolas de exportación toda vez que dicha competitividad se ha ido deteriorando. A medida que la productividad agropecuaria y las ventajas comparativas que de ella se derivan ya no se hallan definidas por la abundancia y la calidad de los recursos naturales, lo determinante ahora es la propia capacidad de inversión para la adaptación tecnológica a la agroindustria. De este modo, los países desarrollados se han visto obligados a lograr los máximos niveles tecnológicos que les permita rentabilizar sus recursos productivos y contrarrestar la pérdida de competitividad de sus productos.

Es claro que el objetivo que hasta ahora persiguen las empresas que emplean tecnologías modernas consiste en la obtención de mayores ganancias mediante la reducción del precio de costo de las mercancías. Es claro también que tales empresas se han configurado en grandes monopolios que difícilmente permiten el acceso a sus competidores, bien sea porque las nuevas tecnologías requieren un mínimo de inversión cada vez más alto, o porque detentan la propiedad y el control de las patentes. Las nuevas tecnologías, como es el caso de la biotecnología, implican, a su vez, una demanda creciente de insumos industriales que induce a importantes desarrollos en maquinaria, fertilizantes, semillas, etc., que les confiere un enorme potencial al integrar la nueva tecnología industrial (robótica, informática, etc.) con la nueva tecnología agrícola. Tal integración le asigna una importancia mayor a este tipo de reconversión. De aquí se deduce, por tanto, que los reclamos por la modernización del sector agropecuario provienen de las fracciones dominantes del capital internacional que requieren exportar hacia la agricultura mexicana sus nuevas tecnologías. De este modo, se ha delineado en el país una modernización tecnológica en la agricultura, la industria alimentaria y las materias primas, mismas que se han modificado con la utilización creciente de sustitutos sintéticos.

Al contrario de lo que ocurre en los países desarrollados, podemos observar que en la agroindustria alimentaria mexicana se agudiza la polarización entre sectores avanzados y otros en franco estancamiento. Por una parte, el dinamismo de la fase industrial se contrapone con el atraso de la producción agrícola y ganadera, de tal modo que asistimos prácticamente a una desintegración campo-industria. Si partimos del hecho de que actualmente las grandes empresas trasnacionales han adoptado la estrategia

de producir las materias primas en un primer país, industrialización en un segundo y comercialización en un tercero, de efectuarse la modernización agroindustrial solamente a partir de la biotecnología o, mejor aún, de los métodos más sofisticados, se corre el riesgo de establecer una mayor dependencia respecto de los países que dominan en este campo. Asimismo, se pone en peligro la ya de por sí deteriorada y distorsionada estructura agrícola.

Desde el punto de vista del progreso humano, esta tecnología podría contribuir a solucionar las carencias alimentarias en nuestro país, tanto la dependencia externa respecto a los alimentos básicos como la desnutrición de un importante sector de la población (por ejemplo mejorando especies vegetales y animales, optimizando métodos de conservación y almacenamiento, creando productos alimenticios que sustituyan o se complementen con los tradicionales, etcétera).

La realidad en nuestro país, sin embargo, es que cada vez aparecen más alimentos altamente sofisticados en el mercado, mientras que en el campo prevalece una gama de dificultades para lograr la autosuficiencia en los alimentos de consumo básico.

Ahora bien, en nuestro país podemos distinguir tres alternativas diferentes orientadas a incidir favorablemente en los problemas de producción de la agroindustria de alimentos, a saber:

1. Desarrollo y aplicación de nuevas tecnologías, principalmente la biotecnología.

2. Diseño y adecuación de tecnologías tradicionales.

3. Racionalización en el uso de los insumos para la agricultura.

Ahora bien, partiendo de la existencia de una gran heterogeneidad estructural que caracteriza a nuestro país, misma que necesariamente se refleja en la agroindustria, es necesario no considerar estas tres tendencias aisladas sino en combinación, a fin de implementarlas de acuerdo con las necesidades nacionales, regionales o microrregionales en materia de producción de alimentos.

Específicamente, la readecuación de tecnologías tradicionales combinadas con algunos de los últimos adelantos en la materia se perfilan como respuesta viable a esa multiplicidad de factores negativos que desde hoy se vislumbran como serias amenazas al futuro de la producción de alimentos en México y a la masa de productores económicamente más débiles. Estos métodos refuncionalizados o combinados pueden, en efecto, contribuir decisivamente al impacto negativo de la modernización agroindustrial, sobre todo en lo que se refiere a la dependencia externa y a la expulsión de las masas campesinas de sus tierras.

Debemos resaltar que, en la medida en que no se ajustan a la producción y valorización en gran escala, las grandes corporaciones de los alimentos pierden interés en la investigación y difusión de este tipo de tecnologías para pequeñas agroindustrias y mínimas extensiones de suelo. Por lo regular son las instituciones públicas, que orientan sus investigaciones hacia fines de mayor contenido social, las que han dado pautas en esta faceta olvidada por los centros privados de investigación tecnológica. Por lo anterior, debemos llamar la atención aquí sobre la perentoria necesidad de que los centros públicos de educación e investigación otorguen un sólido apoyo a esta línea promisoría, ya que hasta hoy se ha desarrollado en forma difusa, totalmente separados unos proyectos de otros y en su mayor parte por personas o grupos reducidos más que por sólidos cuadros de investigación. En la medida en que esto se realice podrán despejarse más rápido los efectos nefastos de la tercera revolución científico-tecnológica.

#### ALGUNOS EJEMPLOS DE APLICACIONES TECNOLÓGICAS EN PEQUEÑAS UNIDADES PRODUCTIVAS

El siguiente no pretende ser un listado exhaustivo de los avances biotecnológicos logrados en los centros mexicanos de investigación que pueden ser aplicados en las pequeñas unidades agropecuarias. Si bien es cierto que muchos de esos avances aún se encuentran en la fase de experimentación, de todos modos nos ofrecen una idea de su aplicabilidad y de sus rendimientos, potenciales, que permitirían obtener excedentes comerciales a los productores que aún hoy no logran salir del autoconsumo.

1. Producción de alimentos para ganado bovino a partir del aprovechamiento de residuos orgánicos mediante la fermentación. Se trata de un proceso biotecnológico sencillo que requiere de máquinas simples, baratas y producidas en el país. El producto es de fácil empaque y conservación. Además de su bajo costo, comparado con el que representan los alimentos convencionales, reduce en forma importante el empleo de granos básicos para la alimentación del ganado. Dicha tecnología se desarrolló en el Instituto de Investigaciones Biomédicas de la UNAM. En esta misma especialidad se obtuvieron dos tecnologías similares, una desarrollada en el Instituto Mexicano de Tecnologías Apropriadas y la otra en el Instituto Politécnico Nacional.

2. Producción de germinados para la alimentación del ganado (Tapete Mágico). Tecnología tradicional que emplea residuos orgánicos, granos

residuales, y requiere de poca agua; está enfocada al aumento de la producción de la carne y leche. Se puede aplicar tanto en el campo como en la ciudad y se está experimentando en varios ranchos de Veracruz así como del estado de México y recientemente se inició su comercialización en algunas asociaciones de productores bajo los auspicios de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM.

3. Sistemas de cultivo con aprovechamiento integral de aguas residuales. Además de optimizar el agua y la tierra, este tipo de cultivo se puede llevar a cabo incluso en las azoteas urbanas. En 25 centímetros cúbicos se pueden producir 100 kg anuales. Este sistema se ha desarrollado en la Escuela de Agricultura Hermanos Escobar de Ciudad Juárez, Chihuahua.

4. Programa de aumento de la productividad agrícola mediante la racionalización en el uso de semillas y fertilizantes, desarrollado por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias de la SARH; se ha estado aplicando comercialmente en la zona noroeste del país en los últimos dos años.

5. Producción de especies bovinas de menor tamaño. Proyecto genético que se origina en los años setenta y se ha efectuado mediante un proceso de selección genética, obteniendo bovinos que representan la tercera parte del tamaño y peso de una especie normal. Este logro representa importantes ventajas en términos de eficiencia productiva. Con este mejoramiento genético se reduce el tiempo de crecimiento y desarrollo de tres años a sólo nueve meses. El rendimiento en la producción de carne y leche es optimizado: mientras que un bovino normal rinde seis litros, en la misma superficie se reproducen entre ocho y diez minivacas que rinden de tres a cuatro litros diarios de leche cada una. Asimismo, en la misma superficie que ocupa un bovino normal que pesa de 600 a 700 kg caben 10 minivacas que pesan 100 kg cada una, es decir, la producción de carne también aumenta.

6. Otros forrajes no convencionales elaborados a partir de residuos orgánicos. Se elaboran con ingredientes como son melaza, rastrojo, urea, nopal, harinolina, sal, roca fosfórica y granos forrajeros en pequeña proporción. El objetivo es optimizar los productos agrícolas a fin de sustituir parcialmente los cultivos forrajeros, principalmente durante la época de sequía. Existe una alta posibilidad de producción intensiva de ganado vacuno utilizando en su alimentación los ingredientes mencionados, obteniendo incrementos en el peso del ganado similares a los obtenidos con alimentos balanceados más caros.

## CONCLUSIONES

A manera de conclusión provisional podemos decir que, al igual que en todos los rubros de la producción económica, los problemas de rentabilidad en la agroindustria y el sector primario en general acarrearán la necesidad de introducir innovaciones tecnológicas que ayuden a restablecer las buenas condiciones de valorización en el largo plazo.

Por supuesto son las grandes empresas las que están mejor preparadas para traducir en beneficios las adquisiciones positivas en ciencia aplicada, y la misma investigación auspiciada por los consorcios privados se orienta en ese sentido, es decir, de acuerdo con la producción en gran escala y la valorización global. Empero, estos avances junto o combinados con la readecuación de tecnologías tradicionales, pueden beneficiar a los pequeños productores, siempre que los impedimentos legales no se levanten como una barrera artificial al empleo productivo del progreso técnico por parte de éstos.

Los avances en investigación tecnológica para la producción de alimentos ya obtenidos en los centros públicos de educación e investigación en México, alientan la posibilidad de que los pequeños productores enfrenten exitosamente la competitividad en el marco de la aplicación generalizada de la tercera revolución científico-técnica. No obstante, para el logro de esa meta es necesario que se dé un apoyo más sólido a la investigación tecnológica para aplicación en pequeña escala productiva. Para ello se requiere primeramente un diagnóstico de las necesidades prioritarias, así como de las tecnologías disponibles y potenciales que deban ser apoyadas institucionalmente.



### EL IMPACTO

Bacterias que reproducen virus cancerígenos humanos, levaduras “de pan” que alojan vacuna viral humana contra la hepatitis, microorganismos simples que sintetizan partes del virus del sida humano, semillas artificiales, vegetales que forman sus propios insecticidas, genes del conejo en ratones, bacterias anticongelantes, árboles cuadrados, bacterias que heredan la capacidad formadora de hormonas humanas, plantas con luz propia recombinadas con luciérnagas, virus de influenza manipulados genéticamente capaces de enfermar al hombre para luego intoxicarlo con veneno de serpiente de cascabel hasta matarlo, reproducción de animales (¿y hombres?) extinguidos ha muchos siglos (gracias a fragmentos celulares en estado de conservación), son sólo algunas de las investigaciones en proceso, desarrollos tecnológicos o procesos industriales en marcha, que ha sido posible llevar a cabo gracias a las técnicas moleculares de recombinación genética. Estas y otras posibilidades que se antojan fantasías medievales relativas a quimeras entre seres vivos nos llevan a preguntar: ¿Está la sociedad en posibilidad de regular los acontecimientos, acorde al derecho, la ética y la razón? ¿A qué instancias corresponde dicha regulación? ¿Cuál es la situación de México en la materia? No se necesita mucha imaginación para considerar lo peligroso de algunos de los temas si se desarrollan al margen de dicha regulación social o se ponen al servicio de la guerra... ¿Están las leyes y reglamentos al tanto de la velocidad del avance? ¿Están las instituciones académicas acoplándose a las necesidades emergentes, en los currículos? ¿Está la planta industrial preparada para el cambio? ¿Cómo nos afectará la nueva división internacional del comercio en este rubro?

### EL ORIGEN

La revolución biotecnológica se ha dado, en buena medida, por el avance de tres campos de la ciencia independientes hasta hace unas cuatro déca-

das: la micro (biología) celular, la genética y la bioquímica, campos que se fusionaron para originar a su vez la genética molecular. Este campo, más que “nuevo” es una asociación interdisciplinaria, que complementada a la ingeniería de procesos y equipo ha permitido elevar, cuantitativamente hablando, la escala de trabajo y hacerlo industrial, automatizado y homogéneo.

Hablar de la historia de la biotecnología implicaría hablar de la confluencia de varios campos distintos de la ciencia y la tecnología, y sus aplicaciones técnicas de la producción. La dinámica de dicha confluencia no ha terminado y en la actualidad a la biotecnología se asocian ya la ciencia de materiales, el diseño industrial, el cómputo electrónico y la robótica, por señalar algunos campos.

Una historia de la bioindustria moderna no podría empezar sin mencionar a Leeuwenhoek, Pasteur, Flemming; o a Mendel, Morgan, Avery; o a Buchner, Warburg, Sumner, es decir los pioneros de la microbiología, la genética y la bioquímica, extendiéndose así retrospectivamente hasta los orígenes del vino, la cerveza, el queso o la masa fermentada de pan.

Subrayemos particularmente que la confluencia de campos se da precisamente en el seno del nuevo corpus de conocimiento que es la genética molecular como quedó dicho, cuyos métodos y técnicas moleculares de manipulación genética permiten que los procesos hereditarios que requerían siglos de evolución (si es que los “permitía” la naturaleza) anteriormente, hoy en día se vean reducidos a minutos y a la discreción del laboratorista.

## EL SIGNIFICADO

Así como los primeros 40 años de la ciencia en este siglo representan una revolución por los avances del conocimiento “físico” de la materia y sus aplicaciones, así los últimos 40 significan una transformación radical en el conocimiento de la vida. Las ciencias de la vida y sus aplicaciones avanzaron como nunca antes. En términos generales las ciencias de la vida pasaron de ser esencialmente descriptivas, “de campo”, clasificatorias (generalistas) y cualitativas, a ser fenomenológicas, interpretativas, experimentales (reduccionistas) y cuantitativas. Como consecuencia, el hombre ha obtenido capacidades manipuladoras, directas y precisas sobre los organismos vivos (¿y muertos?) y su descendencia; capacidades que, dicho sea de paso, hace pocos lustros se antojaban especulativas e ilusorias entre los especialistas. Las nuevas capacidades, además, pueden ser llevadas a esca-

la industrial. "Biotecnología", ha dicho alguien, es el proceso mediante el cual *bugs make bucks*, es decir, los bichos (microbios) hacen dinero (plata). Puesto de otra manera: biotecnología es el hacer buen negocio con la microbiología.

La revolución de las ciencias de la vida y sus aplicaciones se da por ende en una diversidad de campos aplicativos del ramo farmacéutico, agroforestal, ganadero, alimentario, médico, minero, ambiental, sanitario y otros. Una lista reciente señalaba la participación de diversos microorganismos, base de las bioindustrias, en productos del hogar tales como: jaleas y mermeladas, sedantes, alimentos para mascotas, pegamentos, lubricantes, cosméticos, insecticidas, anticoagulantes, anestésicos, jarabes comestibles, sustitutos de carne, herbicidas, plásticos, anticongelantes, pastas dentales, edulcorantes, helados, celofán, dulces y caramelos, antidepresivos y vacunas.

A propósito de este último nos referiremos más adelante al caso mexicano.

#### LA POLÍTICA

Muchos son los países que han establecido su política científica asignando una alta prioridad a la biotecnología y campos conexos, e incentivos y facilidades a las bioindustrias. Japón, Estados Unidos, Italia y otros, mediante políticas específicas han desarrollado iniciativas para orientar, en un marco de armonía con la sociedad, las perspectivas de la revolución biológica. No quieren correr el riesgo de un liberalismo entre las ciencias de la vida, las bioindustrias y la sociedad. Ejemplo típico fue el de Francia con su "Informe Gross-Jacob-Roger" (o "Sciences de la vie et société")<sup>1</sup> presentado hace una década al presidente de la República. En él se dijo:

es posible entrever el papel eminente que la biología va a tener en la evolución de la sociedad y las transformaciones que provocará hasta en la manera de vivir y de pensar [...] Las ciencias de la vida están llamadas a ejercer una influencia determinante, en particular por su incidencia sobre las áreas específicas de medicina, farmacia, química, oceanología, agricultura, alimentación, producción de energía y la protección del ambiente...

Gracias a la competencia de sus investigadores y a la calidad de sus insti-

<sup>1</sup> Servín Massieu, M. "¿Política científica en general o políticas científicas específicas?" en *Quipu* 2, núm. 3, 1985, p. 453.

tutos, universidades y centros industriales de investigación, Francia figura entre los países que tienen la vocación y los medios para contribuir al progreso del conocimiento y para dominar las transformaciones que se prevén con la revolución bioindustrial...

De ahí que la biotecnología ocupe una alta prioridad en la política científica francesa desagregada en una diversidad de temas y áreas de trabajo que el mismo documento dio a conocer en su oportunidad. Es interesante anotar aquí que contra la actual corriente planificadora que asigna prioridades de gasto en ciencia y tecnología en varios países, la política científica mexicana actual solamente considera "el criterio de calidad". A mayor abundamiento, cuando los recursos para investigación fluían fácilmente en los países más industrializados, la política científica nacional sí se centraba en la consideración de prioridades, y hoy en día, cuando los recursos escasean (hasta en Estados Unidos) y cuando se habla en dichos países de concentrarlos en unas cuantas áreas, en México se cambia al criterio de excelencia.

¿Debería haber en México una política específica hacia las ciencias de la vida y sus potencialidades? ¿Hay en la política científica del país capacidad nacional para el despegue de la biotecnología? ¿Cuáles serán las repercusiones del Tratado de Libre Comercio para las bioindustrias en México?

#### EL ALCANCE

De la misma manera que la velocidad caracteriza a la vida moderna en muchos de sus aspectos, las actuales transiciones en algunos campos de la ciencia y la tecnología son aceleradas. Uno de esos campos es la biotecnología, y probablemente la aceleración de su avance no disminuirá ni en el largo plazo. Los expertos en prospectiva económica del área que nos ocupa, por ejemplo, predicen que solamente en Estados Unidos para finales de este siglo se invertirán 50 000 millones de dólares en aplicaciones comerciales derivadas de las bioindustrias. Es digno de mención también el que los productos de la biotecnología ya se vendan a una tasa anual de 750 millones de dólares al año, contabilizándose anticipadamente en más de 40 000 millones de dólares las ventas anuales para fines del siglo XX.

Para 1988 se registraron en Estados Unidos 846 empresas biotecnológicas, tan sólo tres lustros después del puñado inicial de industrias pioneras; un tercio de las actuales está ubicado en sólo dos estados del

vecino país: California, con 22% y Maryland con 11%, destacándose de este último la Universidad Johns Hopkins (a través de la Dome Corp.), la Universidad de Maryland, los Institutos Nacionales de Salud y la American Type Culture Collection, por señalar algunas muy conocidas en nuestro medio. El valor de los contratos sólo para esos dos estados y ese año representó 53 y 187 millones de dólares respectivamente.

¿Qué implicaciones sociales tendrá este explosivo crecimiento? ¿Qué posición adoptan los gobiernos al respecto? ¿Cuáles son las cifras actuales para nuestro país?

#### EL EJEMPLO: VACUNAS

Este caso refleja muy bien las contradicciones e incertidumbres de la ciencia, tecnología y bioindustrias mexicanas así como la tradición y perspectivas del ramo, a los que se suman factores de política y desconocimiento social del origen, calidad e importancia estratégica del producto final.

Entre los muchos descubrimientos del genial Luis Pasteur durante la segunda mitad del siglo XIX se cuenta el que condujo a un principio básico para la salud del hombre y otros seres vivientes: a cada enfermedad infecciosa corresponde un agente microbiano externo, cuyo contagio puede evitarse. Estos agentes no pueden ser observados a simple vista, pero tienen características *sui generis* de vida propia. Otro principio fundamental derivado fue el de la atenuación de los microbios patógenos, base de la inmunidad adquirible mediante el uso de las llamadas “vacunas”.

A raíz de los éxitos obtenidos por el insigne químico se llegó a fundar en Francia el instituto que todavía lleva su nombre y que el 14 de noviembre de 1988 cumplió cien años de labores. Aislamiento, cultivo, caracterización y estudio de microorganismos patógenos y no patógenos fueron en gran medida la base del quehacer del Instituto Pasteur de París, paralelamente se pasó a la producción de vacunas contra una diversidad de enfermedades. Las investigaciones se ramificaron, se oscilaba de lo básico a lo aplicado y viceversa. Surgieron otros “Institutos Pasteur” en Francia y el resto del mundo, como ariete de la llamada “escuela francesa” de bacteriología. Las instituciones se llenaron de jóvenes estudiosos, investigadores e interesados en la nueva ciencia de la microbiología y sus posibilidades. Las enfermedades infecciosas empezaron a ceder espectacularmente y a ser controladas gracias a los cazadores de microbios. México no se quedó a la zaga.

En el mismo año de la fundación del instituto de París el responsable

del Consejo Superior de Salud en nuestro país, Eduardo Liceaga, trajo a México —entregado de manos del propio Pasteur— un cerebro de conejo inoculado con el virus de la rabia (base de la producción de la vacuna en esa época); surgió así el Instituto Antirrábico.

Paralelamente, Angel Gaviño organizó en 1887 el primer laboratorio de bacteriología en la Escuela Nacional de Medicina y viajó a París, meca de los microbiólogos de la época, en 1889, 1891 y 1893 para colaborar directamente con Pasteur, Roux y Ducleaux. Seguramente fue así, después de observar los trabajos del instituto francés, como nació en Gaviño la idea de que México tuviera un establecimiento de ese tipo con funciones de investigación, docencia y producción de sueros y vacunas. En 1895 ante la Academia Nacional de Medicina presentó Gaviño su idea para crear el Instituto Bacteriológico Nacional, aunque habría de esperar hasta el 12 de octubre de 1905 para ver convertido en realidad su proyecto. El IBN era conocido coloquialmente como el “Instituto Pasteur de México”, y con su homólogo parisiense mantuvo siempre relaciones estrechas, a grado tal que un destacado investigador francés, José Girard, se trasladó a México para ser colaborador del director Gaviño durante varios años en una fructífera mancuerna.

Desde sus antecedentes más remotos, como sección de bacteriología del extinto Museo Anatómico-Patológico (1 de marzo de 1895) al cambio de Instituto Bacteriológico Nacional con sede en Santa María (después Popotla) y eventualmente al de Instituto de Higiene en abril de 1921, o finalmente al de Instituto Nacional de Higiene desde 1956, el Instituto no ha dejado de producir vacunas y sueros, desarrollar investigaciones, generar desarrollos tecnológicos, alojar a posgraduados y asesorar a visitantes extranjeros.

Desde 1956 Ignacio Morones Prieto, secretario de Salubridad y Asistencia, al asignarle la denominación de “Nacional” señaló un “proyecto de traslado a otra zona más adecuada a sus fines y para el desarrollo de mayores y nuevas actividades...”; pero el cambio de ubicación nunca se dio y sí crecieron las limitaciones para cumplir cabalmente con sus funciones. Anexado desde 1960 al Instituto Nacional de Virología para formar la Gerencia General de Biológicos y Reactivos dentro de la Secretaría de Salud, la producción se ha visto constreñida por los mismos factores de la crisis general que agobia al país en la actualidad. Adicionalmente, el debate de la privatización de industrias estatales alcanza también el ramo de las vacunas, cuyo caso específico no ha sido valorado suficientemente en toda su dimensión estratégica. Consideramos que esta bioindustria debe continuar con su carácter estatal, pero también debe emprender un programa de

modernización que la eleve a la altura del salto tecnológico que vive hoy este ramo en el mundo.

Nuestra bioindustria nacional de vacunas, Instituto Nacional de Higiene, debe ser trasladada a una zona no urbana, inyectarle suficiente presupuesto, actualizar su equipamiento, renovar su administración y financiar sus desarrollos tecnológicos. La larga trayectoria del INH permitió que su vacuna erradicar la viruela del país y controlara masivamente la difteria, la tos ferina y el tétanos. Con producción "a matraz" de 100 000 dosis anuales en los años cincuenta, se avanzó a 10 millones a principios de los noventa ya en biorreactores de hasta 1 000 l. Integrante de "un club" muy selecto de bioindustrias (vigilado por la Organización Mundial de la Salud) que no componen más de 15 instituciones en el mundo (mayoritariamente de países ricos y que se modernizan a pasos agigantados), el INH de México cumplirá un siglo en 1995 como excepción casi desconocida en su propia tierra.

Vale la pena reproducir aquí parte del comentario de un prestigiado científico mexicano que al reconocer a nuestra bioindustria nacional de vacunas señaló:

México ha sido egregiamente injusto con su Instituto de Higiene; en atención y en presupuestos ha favorecido a otros nuevos institutos, aun a pesar de que el INH ha seguido desempeñando sus indispensables e insustituibles funciones en el país. Considero irracional y hasta trágico que el presupuesto del INH en 1990 sea 14 veces menor que el del Instituto Nacional de la Nutrición, no porque éste sea excesivo, sino porque el primero es suicida.<sup>2</sup>

Ojalá que frente a la dinámica de la biotecnología en esta área y derivada de las políticas de ciencia y tecnología e industria vigentes en nuestro país, la situación prevista para esta industria permita recoger soluciones de urgencia; éste es un ejemplo evidente de bioindustria de alto grado de impacto social. La rehabilitación de nuestra centenaria fábrica nacional de vacunas es una necesidad estratégica, social y patriótica de cuya afirmación depende el bienestar futuro de millones de niños. ¿Hasta cuándo se impedirá que continúe la fuga de personal experimentado en la producción de vacunas por falta de incentivos? ¿Se optará por cancelar la producción nacional (social) de vacunas ponderando cuidadosamente su importancia estratégica? ¿Se continuará posponiendo la decisión acerca del futuro de la bioindustria mexicana de vacunas?

¡No queda tiempo para más titubeos!

<sup>2</sup> Pérez Tamayo, R. "El Instituto de Higiene", en *La Jornada*, 5 de marzo de 1990.

# LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICO-TECNOLÓGICA EN LAS INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR Y LA POLÍTICA CIENTÍFICO-TECNOLÓGICA

**Carlos Topete Barrera**

## INTRODUCCIÓN

El propósito del presente trabajo es proporcionar un marco referencial de análisis para el estudio de la investigación científico-tecnológica en las instituciones de educación superior y su relación con la política científica y tecnológica.

Contiene básicamente cuatro secciones. En la primera, “Antecedentes de la institucionalización de la investigación científico-tecnológica en las instituciones de educación superior” aborda desde una perspectiva histórica el proceso de institucionalización de la investigación científica y tecnológica (ICT) en las instituciones de educación superior (IES), haciendo una descripción por décadas desde 1910 hasta la de los ochenta.

Se destacan aquellos hechos trascendentales para la ICT, tales como la creación de consejos, institutos, coordinaciones, leyes —como la Ley Orgánica de la UNAM, que en 1944 contempla por primera vez la libertad de cátedra, y la de investigación— y el establecimiento del profesorado de carrera. Así mismo, en la última década se menciona la creación del SNI y los procesos de evaluación de las IES como mecanismos de política.

La segunda, “El contexto actual de la investigación científico-tecnológica en las IES” aborda los efectos de la globalización socioeconómica y del nuevo paradigma del desarrollo científico y tecnológico sobre la investigación científico-tecnológica en las IES, así como las implicaciones de reestructuración que le imponen dichos fenómenos.

La tercera, “Naturaleza y función de la investigación científico-tecnológica en las IES”, trata de la misión y la racionalidad que tiene la investigación científica y tecnológica en las universidades, a diferencia de la que tiene en el sector privado o federal.

Finalmente, la cuarta, “Algunas reflexiones de la relación de la investigación científica y tecnológica en las IES y la política científica y tecnológica” contiene a manera de conclusión algunas preguntas básicas, como las siguientes: ¿Con las universidades acosadas y a la defensiva puede



implementarse una política de ciencia y tecnología que despierte consenso? ¿Cuáles son los efectos de la actual política científica y tecnológica sobre el sistema de universidades? ¿En el actual contexto de crisis financiera se promueve un proceso de diferenciación o de complementación entre las IES?

#### LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICO-TECNOLÓGICA EN LAS IES Y LA POLÍTICA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA EN EL CONTEXTO ACTUAL

##### *Antecedentes de la institucionalización de la investigación científica y tecnológica en las IES*

*Los inicios de la institucionalización.* Las IES como instituciones no siempre estuvieron ligadas a las actividades de investigación y desarrollo (ID), la integración de sus actividades fue un hecho tardío de la segunda mitad del siglo XIX.

Inicialmente, la poca investigación que se realizaba en México se concentraba en algunos museos, observatorios, en centros de investigación agrícola, hospitales y escuelas de medicina y en el Colegio de Minería, así como en algunas sociedades científicas, como la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística.

En el seno de estas organizaciones se fueron generando los grupos que se dedicaron a la investigación científica y se convirtieron en los núcleos generadores de futuros investigadores que produjo México en los campos de la medicina, la ingeniería y la agronomía.

Poco a poco se fueron especializando estos investigadores de acuerdo con las necesidades tanto de la sociedad nacional como del Estado y el sector productivo, y el avance del conocimiento científico internacional.

Cabe mencionar como unos de los antecedentes más lejanos de instituciones que realizaban actividades científicas y tecnológicas a los seminarios religiosos de Puebla, San Luis Potosí, Zacatecas, Guanajuato, Morelia, Oaxaca y Yucatán, así como a los institutos científicos y literarios de los estados de la República Mexicana.

Fue después de la Revolución, en la década de los treinta y los cuarenta cuando empezaron a crearse en las IES facultades de ciencias, centros e institutos de investigación.

Ya avanzado el siglo XX, especialmente después de la segunda guerra mundial y de los acelerados procesos de industrialización, surgen los complejos sistemas de ID en los que el papel de las IES, a través de fuertes apo-

yos gubernamentales, recibe distinto énfasis según los momentos y los diferentes estadios del desarrollo económico y social.

*Descripción por décadas de la institucionalización de las actividades de investigación*

*Década de los años diez.* En esta década surge el nuevo proyecto de Universidad Nacional encabezado por Justo Sierra, como una institución nacional, democrática, en la que la ciencia es llamada a contribuir a la identidad nacional.

La función asignada a la Universidad era nacionalizar la ciencia, llevarla al pueblo. En estos tiempos se realiza el primer congreso científico mexicano (1910).

Las universidades públicas estatales que por entonces funcionaban son la Universidad Autónoma de Sinaloa (1813) y la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (1917).

*Década de los años veinte.* Durante esta década surge el primer gran proyecto macro de educación nacionalista encabezado por José Vasconcelos, al que se le demandaba que la Universidad fuera el centro del saber nacional y entre otras finalidades tenía la de dar a conocer y divulgar la ciencia.

Es una década de consolidación del Estado posrevolucionario en la que éste intenta asumir como función hegemónica y exclusiva la cultura y la ciencia nacional.

Inician sus labores la Universidad Autónoma de Yucatán (1922), la de San Luis Potosí (1923) y la de Guadalajara (1925).

*Década de los años treinta.* Se otorga la autonomía universitaria, se agrupan las escuelas de Medicina, Ingeniería y Leyes y se crea la Facultad de Altos Estudios, que en su interior contenía las áreas científicas básicas como la matemática, la física y la biología.

Es el periodo de la educación socialista, inmerso en grandes polémicas como la de Antonio Caso y Lombardo Toledano.

La Universidad se ve desplazada por el proyecto alternativo del Instituto Politécnico Nacional, cuya orientación era hacia la tecnología y hacia los obreros y campesinos.

Inicia sus actividades la Universidad Autónoma de Nuevo León (1933).

Se crea la Facultad de Ciencias, el Instituto de Física, los institutos de Investigaciones Sociales, el de Económicas, el de Jurídicas y el de Estéticas apoyados por la emigración española. En cuanto a instancias de coordi-

nación de las actividades científicas y tecnológicas, se crea el Consejo Nacional de la Educación Superior y de la Investigación Científica (Conesic, 1935).

*Década de los años cuarenta.* En 1944 se crea la Ley Orgánica de la Universidad, que contempla la libertad de cátedra y la libertad de investigación, aunado al establecimiento del profesorado de carrera, dando inicio a la institucionalización formal del quehacer científico universitario.

Inician sus labores la Universidad Autónoma de Colima (1940) y la Universidad de Guanajuato (1945). Se crea la Comisión Impulsora y Coordinadora de la Investigación Científica (CICIC), el Instituto Mexicano de Investigaciones Tecnológicas (IMIT, 1946) y los Laboratorios de Fomento Industrial (LANFI, 1948).

*Década de los años cincuenta.* Se crea la Asociación Nacional de Universidades e Institutos de Enseñanza Superior (1950) y se funda el Instituto Nacional de la Investigación Científica (INIC, 1950).

Se realiza el II Congreso Científico Mexicano (1953).

Se hecha a andar la Ciudad Universitaria y se consolidan muchos centros de investigación. Se funda el Instituto de Ingeniería de la UNAM.

Inician sus labores nuevas universidades estatales como la de Querétaro (1951), Morelos (1953), Chihuahua (1954), Oaxaca (1955), Puebla (1956) con la segunda Facultad de Ciencias más importante del país, Tamaulipas (1956), del estado de México (1956), Durango (1957), Baja California (1957) y Tabasco (1958).

*Década de los años sesenta.* Se dan los primeros pasos para la planeación nacional de la ciencia y la tecnología.

Se crea el Cinvestav (1960), inician sus labores la Universidad Autónoma de Guerrero (1960), la Autónoma de Hidalgo (1962), la de Campeche (1965), la de Zacatecas (1968) y la de Nayarit (1969).

Se crea la Comisión Nacional para el Planteamiento Integral de la Educación Superior y la Coordinación General de la Educación Superior en la Secretaría de Educación Pública.

En el sector gubernamental se crea el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), el Instituto Nacional de Energía Nuclear (ININ) y el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales (INIF).

En el sector privado se empiezan a consolidar algunos grupos de investigación como Syntex.

*Década de los años setenta.* Se crea el primer plan nacional indicativo de ciencia y tecnología con apoyo fuerte del sector gubernamental.

Se expande y diversifica el sistema de educación superior, se crea la UAM (1974) e inician sus labores las universidades autónomas de Chiapas (1974), la agraria "Antonio Narro" (1975), la de Baja California Sur (1976), la Del Carmen (1976), la de Tlaxcala (1976), la de Chapingo (1977) y se fortalecen y expanden los programas de posgrado.

Se crea el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE, 1975) y el Instituto Mexicano de Investigaciones Siderúrgicas (IMIS, 1977). Se consolida el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt).

*Década de los años ochenta.* Caracterizada por la crisis financiera, las IES vieron disminuidos sus presupuestos. La restricción del gasto público, resultado de un acelerado proceso de inflación y del pago de la deuda externa, entre otros factores, hicieron que los salarios de los académicos e investigadores se vieran reducidos, provocando la contracción del mercado académico, que deja de ser atractivo, así como la emigración al sector productivo, al extranjero y al gubernamental, en busca de fuentes complementarias para sus ingresos.

Se crean los sistemas diferenciales de estímulos como el SNI y los del desempeño académico, lo que hace que las actividades de docencia se vean relegadas y disminuidas, ya que los investigadores se dedican a la publicación de artículos para ser sometidos a las instancias que otorgan los estímulos. Se fortalecen y consolidan las instituciones privadas de la educación superior como el ITESM, UIA, ITAM y otras.

Las IES y los centros e institutos de investigación se enfrentan a procesos de evaluación interna y externa, así como a exigencias de mayor productividad y competitividad, implementándose sistemas de evaluación asociados a mecanismos de asignación de recursos financieros más rigurosos y competitivos.

*En síntesis,* en México la configuración de las actividades científicas y tecnológicas se vieron íntimamente condicionadas por cinco factores básicos: la ilustración, el positivismo, la influencia profesionalizante de la universidad napoleónica, el modelo de industrialización seguido y el Estado.

Las actividades de investigación y desarrollo (ID) no son en sí mismas educación superior e históricamente su inserción en las IES parece más el resultado de una necesidad académica de la docencia y un elemento de formación que un requerimiento directo de la esfera productiva.

Se puede decir que la institucionalización de la política científica y tecnológica es de reciente creación en México.

Actualmente el sistema científico y tecnológico funciona de manera desarticulada y con poca coordinación, sin poder concretizar una estrategia científica y tecnológica acorde con el proyecto nacional, debido fundamentalmente a que las instituciones integrantes del sistema funcionan aisladamente, y con esquemas de autosuficiencia, sin que sus acciones se articulen en una dirección definida y precisa.

Por otra parte, la toma de decisiones sobre la asignación de recursos financieros no va de acuerdo con las prioridades y objetivos globales del Plan Nacional de Ciencia y Tecnología y la inestabilidad de los órganos coordinadores de la política científica y tecnológica hacen que no exista continuidad en la política científica nacional.

El problema básico del funcionamiento del sistema científico y tecnológico no radica tanto en el desequilibrio y la heterogeneidad entre las diferentes fases de la investigación y el desarrollo como fundamentalmente en la desarticulación horizontal y vertical que éstas presentan entre sí y respecto de las actividades educativas y productivas del país.

Existen escasos nexos entre la investigación básica, la aplicada y de desarrollo, lo que no permite que se acumulen las capacidades científicas y tecnológicas internas.

#### EL CONTEXTO ACTUAL DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA DE LAS IES

##### *Contexto global de la tercer revolución científico-tecnológica*

Las actuales transformaciones de las IES se encuentran enmarcadas por la tercera revolución científico-tecnológica que se viene desarrollando a nivel mundial, así como por los grandes procesos de globalización económica y la estrategia de modernización que plantea actualmente el Estado mexicano, mediada por las fuerzas productivas de la economía mundial.

La tercera revolución científico-tecnológica transforma los procesos de producción al introducir el uso de nuevas tecnologías, tales como la microelectrónica, biotecnología, nuevos materiales e informática, que se caracterizan por ahorrar mano de obra, energía, materias primas y espacio, haciendo que la economía mundial se transforme y dé origen a una nueva división internacional del trabajo, imponiendo nuevas características de flexibilidad y competitividad a los mercados de trabajo.

Para algunos autores el inicio de la globalización y de la nueva situación geopolítica actual fue en 1968, con la crisis del Estado benefactor tanto

del bloque socialista como del capitalista, y termina esta fase de transición en 1989 con la caída del muro de Berlín y la reestructuración de la URSS.

La crisis del Estado benefactor da paso al inicio del Estado neoliberal-tecnocrático, con todos los procesos de desreglamentación, descorporativización que éste trae consigo y que implican el adelgazamiento del Estado y su no intervención en la economía, lo que trae graves efectos de reajuste en los presupuestos y en el desarrollo de la educación superior, entre ellos la disminución del financiamiento de las IES, la caída matricular de algunas carreras y el decrecimiento de la educación superior en general.

Los fenómenos actuales de globalización generan efectos como los de la desregulación, el ahondamiento de la crisis ecológica, el surgimiento y reestructuración de las nacionalidades, la configuración de nuevos bloques geopolíticos y la desigualdad en los términos de intercambio económicos, independientemente de los tratados de libre comercio que puedan firmarse, dando como resultado una nueva hegemonía multipolar que actualmente se disputa el nuevo orden internacional.

La política de modernización estatal, en cuanto a la industria, busca reconvertir las ramas tradicionales, fomentar el crecimiento de las ramas modernas y crear industrias de alta tecnología que puedan competir en los mercados internacionales, para lo cual ha iniciado la reforma de las leyes sobre propiedad industrial, inversión extranjera y tratados de libre comercio. En cuanto a la educación superior, busca reconvertir a las IES en instituciones competitivas y productivas de acuerdo con estándares internacionales y a través de procesos continuos de evaluación.

Ante tal contexto, las IES se enfrentan a desafíos de reestructuración, y a la vez es el nuevo marco para la redefinición de una estrategia de desarrollo de las nuevas profesiones y de la investigación científica y tecnológica.

### *La investigación científica y tecnológica y el desarrollo socioeconómico*

El modelo de desarrollo seguido por México ha hecho que se observe un escaso desarrollo de la base científica y tecnológica endógena debido a su política de protección de mercados. Aunado a lo anterior se da una enseñanza superior centrada en las áreas socioadministrativas orientadas al sector servicios más que a la producción de conocimiento científico y tecnológico.

Dicho modelo ha carecido del dinamismo necesario para articular tras de sí la expansión y desarrollo de las capacidades científicas y tecnológicas internas que resultan de la producción, de la aplicación y adaptación de nuevos conocimientos a los procesos de producción, así como de su difu-

sión a lo largo de las organizaciones, empresas públicas y privadas que realizan actividades de ID.

La estrategia global de desarrollo científico y tecnológico no ha logrado integrarse y coordinarse entre los tres sectores claves que la componen: el sector gubernamental, el sector productivo y el sector de las IES.

El sector gubernamental encargado de elaborar la política científica y tecnológica nacional se ha enfrentado con problemas en la definición de objetivos y metas de las instituciones que componen el sistema de ciencia y tecnología, así como con la dificultad en la configuración de líneas de investigación nacionales, la definición de prioridades en ciencia y tecnología y la aplicación de mecanismos competitivos de asignación de recursos financieros.

El sector productivo no realiza inversiones en investigación y desarrollo, y ante las nuevas condiciones de apertura y competitividad se encuentra en pleno rezago en cuanto a la competencia de sus productos, además de que la investigación que realiza por su cuenta es muy escasa.

El sector de las IES se reduce a la investigación básica y no contempla acciones de ingeniería de detalle o de proceso que conduzcan a la operacionalización y aplicación de los hallazgos de la investigación fundamental, al mismo tiempo que su reestructuración curricular es lenta y sus estructuras organizacionales poco flexibles.

Sin embargo, las actividades de investigación y desarrollo se han ido generando dentro y fuera de las universidades, en los institutos públicos, privados, en centros experimentales, en departamentos de investigación y desarrollo de empresas nacionales y multinacionales, etcétera.

El conjunto de las circunstancias anteriores de los tres sectores involucrados en el desarrollo científico y tecnológico ha dado como resultado la configuración del sistema científico y tecnológico caracterizado por los siguientes aspectos:

1. Escaso tamaño de las comunidades científicas, crecimiento lento, y fuerte concentración en las zonas urbanas;
2. Lento desarrollo con calidad del nivel de posgrado, principal mecanismo para expandir endógenamente la base de investigadores locales;
3. Bajo gasto de ID tanto en proporción del PNB como por científico;
4. Financiamiento casi 100% público, con mecanismos de asignación de recursos poco competitivos;
5. Escasa participación del sector productivo;
6. Desarticulación de los tres sectores gubernamental, de las IES y el productivo en el desarrollo de actividades de ID;
7. Desequilibrio en los flujos de transferencia de tecnología;
8. Escasa producción científica y tecnológica, y
9. Indefinición de prioridades científicas y tecnológicas.

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA DE LAS IES

*La función de investigación de las IES*

De las funciones básicas de la educación superior: docencia, difusión e investigación, es esta última la que le imprime a las IES su carácter académico, ya que les permite renovar sus estructuras curriculares, conservar las habilidades básicas de los espíritus abiertos e inquisidores, tales como la crítica, la pluralidad y la disidencia intelectual.

Esta función requiere de una organización específica; a diferencia de la docencia y la difusión, presupone relaciones entre estudiantes, graduados, ayudantes, profesores, investigadores y administradores en las que impera una racionalidad de apertura y análisis, relación basada en la autoridad académica y moral, cosa que no sucede con otras organizaciones que realizan investigación, en las que la relación maestro-grupo se cambia por la del estilo empresarial en donde no tiene lugar la disidencia intelectual y crítica, e imperan los parámetros de eficiencia, productividad, los plazos de entrega determinados y en los que la comunicación generosa de los resultados es sustituida por el secreto.

En la actualidad la investigación científica y tecnológica ha permitido a las IES mantener ciertos niveles de trabajo académico que sólo una información actual y de frontera hacen posible. Al mismo tiempo, la investigación se ha beneficiado de la cercanía con las IES, ya que le ha permitido reforzar la vitalidad de sus tareas críticas en el contacto permanente con una visión universal del saber, asociado al clima de libertad intelectual que es característico de la vida académica de las IES.

En general las IES pueden realizar todos los tipos de investigación: básica, aplicada, tecnológica y de desarrollo, siempre y cuando no distorsionen sus propios fines. La investigación básica tiene como fin abrir, ensanchar y profundizar nuestro conocimiento del mundo, de la naturaleza, del universo y de la sociedad que nos rodea.

Cuando la racionalidad que impera en el desarrollo de la investigación es puramente utilitaria, ya no es investigación académica, es investigación comercial e industrial.

Aquí, el camino que toman los proyectos es muy diferente al que toman los de la ciencia por la ciencia. Sin embargo, dado que la investigación que realizan las IES no está aislada y se da en un contexto social y económico definido, es necesario articular las actividades de ID con todas las instancias que realizan estas actividades tanto en forma horizontal como vertical. El establecimiento de eslabones permite cerrar el proceso entero



de la investigación básica y de la aplicada, incrementándose su eficiencia y relevancia. La falta de eslabones en las cadenas del conocimiento rompe la fluidez de las comunicaciones e impide el proceso acumulativo de creación de capacidades científicas y tecnológicas.

### *La formación de investigadores en las IES*

La formación del personal científico y técnico se da a través de los programas de posgrado, nivel educativo que integra el proyecto académico institucional, ya que, por un lado, se vincula a las actividades de enseñanza a nivel licenciatura, vía la formación de los profesores-investigadores capaces de cumplir con eficiencia la función docente, y por el otro, al formar a los investigadores se transforma en centro que cumple la misión de generar conocimiento básico.

Las orientaciones que han caracterizado a los programas de posgrado se pueden clasificar en tres: la profesionalizante, la de formación de docentes y la orientada hacia la investigación.

El perfil del egresado de esta última orientación debe caracterizarse por una capacidad de análisis y síntesis, actitud racional para analizar el presente e influir en el futuro, dominio de las formas universales del pensamiento y posesión de métodos objetivos para resolver problemas.

La problemática que enfrentan los programas de posgrado puede describirse de la siguiente manera: la investigación no es parte del núcleo central de los currículos, carecen de un sistema tutorial efectivo, sus planes y programas de estudio son obsoletos y poco flexibles, tienen bajos índices de graduación y alta deserción, su productividad científica es baja, ausencia de mecanismos efectivos de evaluación, reducción de la matrícula, existencia de pocos estímulos para la permanencia y la superación académica, financiamiento limitado e infraestructura y equipamiento insuficientes.

### *La organización de la investigación en las IES*

*Condiciones institucionales de la investigación.* Las estructuras organizacionales de la investigación en las IES varía según el área, la orientación institucional y el tamaño de los grupos de investigación. Se puede decir que en México los modelos organizacionales de investigación son diferentes en la UNAM, el Cinvestav, la UAM, el Colmex y las IES de provincia, como la UAP que se organiza en institutos que concentran varios centros de investigación o como el Cicese en Baja California.

La eficiencia de estos modelos está en función de la resolución de los

problemas organizacionales básicos como son: 1] claridad de su misión y propósito; 2] definición de su estatus jurídico-normativo; 3] ambiente organizacional; 4] estabilidad financiera; 5] dirección y gestión adecuada; 6] consolidación de grupos y líneas de investigación; 7] mecanismo de evaluación y seguimiento de los proyectos; 8] vinculación con usuarios potenciales; 9] planeación estratégica de las diversas fases de la producción científica y tecnológica, y 10] coordinación y comunicación con las demás unidades que realizan actividades científico-tecnológicas.

*Problemas básicos de las estructuras organizacionales.* La aparición de estructuras orgánicas de la investigación en muchas de las IES ha sido muy reciente y aún existen algunas que no cuentan con ellas. La investigación se hace sin articulación y de manera individual.

La rigidez de las estructuras de las IES y la resistencia al cambio no han permitido el desarrollo de la investigación.

Entre las deficiencias más importantes que afectan las estructuras institucionales se encuentran: la institucionalización prematura y falta de continuidad de las instancias que coordinan y realizan actividades de ID; separación de la investigación y la docencia; exceso de reglas y procedimientos burocrático-administrativos; fragmentación y conflicto dentro de los grupos de investigadores debido a los intereses creados; evaluación que se convierte en un rito vacío debido a la dificultad de establecer criterios universales y precisos para todos los miembros de la comunidad científica y a la escasa transparencia de su aplicación, así como disipación institucional temprana debido a los procesos burocrático-políticos y a la instauración de escuelas de pensamiento anquilosadas, sin renovación ni contacto con ideas nuevas.

### *La producción científica y tecnológica en las IES*

Los procesos para contribuir en este campo requieren de una alta capacidad de análisis, crítica, creatividad y libertad intelectual, las cuales necesitan de procesos de formación académica adecuados.

Es en las IES en donde se refleja el progreso y desarrollo de las actividades científica y tecnológicas a través de su creciente diversificación y especialización de sus espacios curriculares.

Esta inserción de las actividades científicas y tecnológicas en las IES no es ajena a las tendencias de la producción y la industrialización contemporáneas que imponen nuevas pautas en la división internacional del trabajo, misma que se ve reflejada en procesos de mayor segmentación y dife-

renciación de las prácticas académicas, haciendo a su vez que aparezcan nuevos factores y figuras académicas, de tal manera que se van marcando cada vez más las cualidades, hábitos y condiciones del trabajo académico nuevo, que determinan la producción de contribuciones científicas y tecnológicas novedosas.

En general hay IES que tienen toda una gama de categorías jerárquicas de personal académico, en las que existe la figura de investigador nacional, investigador de carrera, docente investigador, docentes por horas, etc., y que cuentan con bastante infraestructura y tradición, financiamiento y programas de posgrados. Hay otras, en cambio, en que estas condiciones son incipientes, pero todas ellas condicionan y provocan procesos de producción científica y tecnológica heterogéneos.

Una contribución científica y tecnológica puede surgir por una necesidad teórica o social, por la resolución de un problema; a veces obedece a una ruptura epistemológica, otras a subproductos de otras actividades o por combinaciones novedosas de diversas contribuciones básicas aplicadas a nuevas áreas o productos, y también acontece que una contribución básica novedosa produce una serie de contribuciones múltiples en cascada.

En general, el proceso de producción no es planeable ni de resultados conocidos de antemano, ya que es proceso de lo desconocido; pero sí se puede estimular, ya que requiere de múltiples condiciones que propician la creatividad, el diseño, la experimentación y la pluralidad de ideas.

Puede suceder que en este proceso se vaya por rutas estériles y que no se genere ninguna contribución, lo que no significa que no haya avances en otros sentidos, como por ejemplo el desarrollo de nuevos instrumentos de observación, métodos y condiciones nuevas de experimentación, etcétera.

Pocas son las contribuciones que se generan linealmente, por un camino directo y sin fracasos. Para lograr éstas tuvieron que darse múltiples experiencias y fracasos, así como factores que hicieron posible su desarrollo.

La contribución científica y tecnológica son aportaciones al avance de la frontera del conocimiento y al desarrollo de nuevas aplicaciones en campos específicos de la ciencia y la tecnología que puede expresarse y comunicarse a través de teorías o procesos tecnológicos nuevos y pueden clasificarse en los siguientes tipos:

- a) Disciplinarias, aquellas que se orientan al avance de las disciplinas.
- b) De desarrollo, las que tienden a generar el conocimiento multidisciplinario necesario para la solución de problemas específicos.
- c) De procesos y productos, aquellas que se orientan al diseño y desa-

rollo de equipo o partes para un proceso o producto de una innovación o adaptación tecnológica.

En el proceso de desarrollo científico y tecnológico, estas contribuciones no se dan pura ni aisladamente, en su producción intervienen una serie de mediaciones institucionales, laborales y sociales que determinan y condicionan su desarrollo.

*Evaluación de las contribuciones científicas y tecnológicas.* Las evaluaciones institucionales de las contribuciones científicas y tecnológicas son las que determinan y valoran cuándo una contribución es o no novedosa.

Son las comisiones dictaminadores, los comités evaluadores de pares y los árbitros los que determinan los criterios valorativos y al mismo tiempo suministran criterios para la asignación de recursos financieros, reconocimientos y estímulos.

Generalmente los supuestos de los que parten estas instancias evaluadoras son: que existe un alto grado de escolaridad, que hay dedicación de tiempo completo, que se pertenece a una institución reconocida, que se expresa en una comunicación escrita acabada o en un prototipo o artefacto, y que ha formado a otros investigadores.

No toman en cuenta factores como el tiempo, la experiencia y las condiciones de infraestructura, además de que se centran en logros individuales más que grupales.

Se confunde y acepta como criterio universal la aceptación de la contribución en las revistas extranjeras con la calidad, sin darse cuenta que a veces ésta obedece a intereses cognoscitivos de los árbitros extranjeros que dictaminan el trabajo, y no a una verdadera contribución para el avance de la ciencia nacional. Estos criterios y mecanismos descuidan el hecho de que cada contribución implica un proceso largo y conflictivo que conlleva esfuerzos sostenidos y no distinguen una contribución nacional de una de corte internacional que tal vez no signifique gran cosa para la ciencia del país.

#### ALGUNAS REFLEXIONES DE LAS RELACIONES ENTRE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA Y LA POLÍTICA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Desde los principios del desarrollo científico y tecnológico empezado por China, Italia, Alemania, Inglaterra, Francia, Estados Unidos, la URSS y Japón, sin olvidar las aportaciones del mundo antiguo, tanto de los griegos como de los romanos, del mundo árabe y otras culturas, se ha observado

que la estrategia científica y tecnológica siempre está asociada a proyectos sociales bien definidos.

Generalmente estas naciones han sido sociedades poderosas y su desarrollo científico y tecnológico se ha visto precedido por una reestructuración social, económica y cultural profunda, caracterizada por una movilidad social de todos sus ciudadanos, rupturas con la tradición, y orientación a la experimentación y al conocimiento de lo desconocido.

En nuestro país la política científica y tecnológica debe de apoyar la transición de nuestra sociedad a los estadios de la modernización, articulando horizontal y verticalmente los esfuerzos de los tres sectores clave de la política científica y tecnológica: el sector gubernamental, el de las instituciones de la educación superior y el privado. Es necesario brindar a nuestros ciudadanos las condiciones materiales y culturales apropiadas para que aporten su creatividad y sus competencias para el logro del país al que aspiramos, ya que sin ellas no es posible implementar una política científica y tecnológica con justicia social y desarrollo económico y cultural verdadero.

En cuanto a la investigación científica y tecnológica en sí y al establecimiento de una política, es necesario considerar respecto a ellas, que, dado el proceso de la búsqueda de lo desconocido que es la investigación, es difícil preestablecer criterios de planeación y desarrollo rígidos que orienten dichas políticas. Lo que sí se puede hacer es estimularla mediante la creación del ambiente propicio en las comunidades científicas.

La investigación científica en las instituciones de educación superior tiene la misión de generar conocimiento básico sobre el mundo que nos rodea; no tiene una racionalidad utilitaria y por ello no se le puede comparar con la que realiza el sector privado. Más bien está orientada hacia el mundo académico, cualidad que debe preservar la política científica y tecnológica, ya que ésta le permite la pluralidad, la comunicación y divulgación amplia, así como una incorporación rápida al patrimonio social del conocimiento.

#### BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, Isaías y Carlos Topete. "Desafíos para el desarrollo de la educación superior al inicio del siglo XXI", en *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, vol. XX, núm. 2, segundo trimestre de 1990.

- \_\_\_\_\_, "Prospectiva social y educación superior en México, en *Cuadernos del Centro de Investigación en Ciencias Administrativas*, núm. 30, México, ESCA-IPN, 1990.
- Bojalil J., Luis Felipe. "Evaluación del posgrado nacional", en *Universidad Nacional y Economía*, José Blanco y Gilberto Guevara Niebla (coord.), México, CIIH-UNAM-Porrúa, 1991.
- Bravo, Teresa M. y Bertha Orozco Fuentes. "Retos de la universidad mexicana en el marco de la tercera revolución tecnológica industrial", en Foro Nacional sobre la Formación de Profesionistas ante los Retos del siglo XXI, México, mimeo., 1988.
- Conacyt. *Encuesta sobre la organización y eficacia de las unidades de investigación en México*, serie Estudios, núm. 14, México, 1988.
- Conaeva-SEP. *Evaluación de la educación superior*, serie Modernización educativa, núms. 6, 7 y 8, México, 1991.
- De la Peña, Luis. "Conocimiento científico y modernización del país", en *Universidad Nacional y Cultura*, México, CIIH-UNAM-Porrúa, 1990.
- Halty Carrere Máximo. *Estrategias de desarrollo científico y tecnológico*, México, El Colegio de México, 1989.
- Ibarrola, María de. "La formación de investigadores en México", en *Avances y Perspectivas*, México, Cinvestav-IPN, 1989.
- Saldaña, Juan José. "La ciencia en México. (1983-1988)", en *Comercio Exterior*, vol. 38, núm. 12, 1988.
- \_\_\_\_\_, "Ciencia, tecnología y orden político en América Latina", en *Ciencia y Desarrollo*, vol. xv, núm. 86, 1989.
- Salmerón, Fernando. "La investigación en la Universidad y las innovaciones técnicas", en *Deslinde*, núm. 160, 1983.

## EL PAPEL DE LOS NUEVOS MATERIALES EN EL DESARROLLO DE MÉXICO

**Gabriel Torres Villaseñor**

El costo de un nuevo material es lo que determina que su aplicación sirva a la sociedad o se restrinja al servicio de los señores de la guerra.

Es indudable la importancia que los materiales han tenido en la historia de la humanidad, basta con recordar que las edades por las que ha pasado han llevado el nombre del material dominante en ese momento. Así, la edad de piedra se identificó por el uso de este material en las construcciones, herramientas y en las armas. La fabricación de instrumentos de piedra era difícil y lenta. Las grandes dificultades que presentaba la piedra para ser trabajada permitió la entrada triunfal de nuevos materiales para la época, llamados metales, los cuales gracias a que era posible fundirlos y darles diversas formas (maleabilidad) se convirtieron en los preferidos para su utilización en la fabricación de utensilios y, por desgracia, también en la de armas. El primer metal utilizado en este sentido fue el cobre, el cual se podía encontrar en forma natural en casi todo el mundo y originó la edad del cobre, que duró muy poco, ya que de inmediato se inició la gran edad del bronce (3000 a.C.), que inició una época de la humanidad de grandes avances artísticos y tecnológicos. Habrá que reconocer que este nuevo material sirvió para dar superioridad militar a muchos pueblos. El oro, aunque conocido desde la edad de piedra, no marcó una era en la humanidad debido a su escasez y poca resistencia mecánica. Buscando el oro se encontrarían minerales de cobre y después las mejoras que representaba el mezclar éste con pequeñas cantidades de estaño para obtener el bronce. El estaño no es un metal abundante, se encuentra en yacimientos en Malasia, Bolivia, Indonesia, China y el norte de Tailandia —en este último lugar es en donde se sitúa el nacimiento del bronce hace 6 000 años. La búsqueda de los escasos yacimientos de estaño originó largas exploraciones, movimientos migratorios e incluso guerras de conquista.

No se puede asegurar cuándo empezó a conocerse el hierro. Se han encontrado fragmentos de hierro en tumbas de las primeras dinastías egipcias, posiblemente extraído de meteoritos, por lo cual era tan precioso como

el oro. Los primeros en descubrir las propiedades del hierro al combinarlo con carbono para dar el acero, así como las técnicas de su beneficio fueron los hititas del Asia Menor, quienes conservaban estas técnicas como secreto militar.

Al ser destruido el imperio hitita por invasores nórdicos en 1200 a.C., los métodos de producción del hierro y su conversión a acero se difundieron en Asia y de ahí a todo el mundo, iniciando así la edad del hierro. La principal razón del éxito de este nuevo material no fue su mayor resistencia mecánica, ya que era sólo ligeramente mayor a la del bronce, con la desventaja de que el hierro sufría un deterioro por oxidación que no se presentaba en el bronce. La razón del éxito fue la abundancia del mineral de hierro en todo el mundo, que lo ponía al alcance de cualquier nación de la época; era un metal económico. El reinado del hierro como material de mayor consumo se ha extendido hasta principios de este siglo, época en la cual la metalurgia dejó de ser un arte para convertirse en ciencia y dar origen a una multitud de aceros nuevos de alta resistencia mecánica y a la corrosión, solicitados a gritos por la revolución industrial. Muchos de estos aceros ya no podían conservar su bajo precio, en especial aquellos requeridos para trabajar a temperaturas altas como en las calderas de vapor. Esta revolución industrial solicitaba a gritos nuevos materiales con propiedades especiales y sobre todo baratos para poder continuar su avance. *El bajo precio es una condición esencial para que un material tenga éxito en sus aplicaciones comerciales.*

El dominio de la electricidad permitió el surgimiento de un nuevo material a principios de siglo, el aluminio. El aluminio era conocido desde 1827, época en la que fue aislado por Wohler; sin embargo era tan caro como el oro, al grado que Napoleón tenía una vajilla de aluminio entre otras de plata y oro. La razón de sus escasez no era la falta de fuentes para obtenerlo, sino la falta de una tecnología de extracción a precios accesibles. El aluminio se obtiene a partir del óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), el cual abunda en la corteza terrestre. El problema para su obtención está en la alta energía necesaria para romper la unión aluminio-oxígeno, la cual es una de las ligaduras más estables que hay en la naturaleza. Esto sólo se logra con grandes cantidades de electricidad, al grado que para producir 1 kg de aluminio se requieren 13 kilovatios-hora o hasta 16 kW en plantas diseñadas antes de 1980, es decir una planta que tenga una producción de 40 000 toneladas anuales de aluminio consume diariamente el equivalente a una ciudad de 2 millones de habitantes y aún no se ha encontrado un método más eficaz para su extracción.

Por otra parte, el óxido de aluminio purificado sólo puede extraerse en



forma económica de un mineral denominado bauxita, que contiene cerca de un 40% de alúmina, y que sólo se encuentra en forma apreciable en Australia, Brasil, Venezuela, Jamaica y Guinea. México tiene sólo arcillas con bajo contenido (10%) de alúmina, es decir las condiciones para producir aluminio no son aptas para nuestro país, ya que la electricidad es cara y el mineral lo tenemos que importar.

Desde su aparición, el aluminio sorprendió por su ligereza (densidad=2.7 gr/cm<sup>3</sup>) y por su alta resistencia a la oxidación, originada por una delgada capa de óxido de aluminio que le sirve de cáscara protectora. La gran desventaja está en su baja resistencia mecánica. Este problema fue superado al aplicar los conocimientos básicos sobre dislocaciones y producción de precipitados, dando origen a un aluminio de alta resistencia mecánica semejante al acero, pero que pesaba tres veces menos y conservaba su alta resistencia a la corrosión. Su aplicación a la aeronáutica fue inmediata, especialmente en los aviones de guerra en la segunda guerra mundial, volviéndose a comprobar que *las aplicaciones inmediatas de un nuevo material son en la guerra.*

Los conocimientos desarrollados por las aplicaciones bélicas del aluminio dieron origen a un sinnúmero de aplicaciones en la industria de la construcción, del empaque y de la aeronáutica civil. En México se empezó a conocer el aluminio a través de un marco de ventana importado que se colocó en el Palacio de las Bellas Artes, pero no fue sino hasta la década de los sesenta cuando se impulsó seriamente la industria del aluminio en México, alcanzando su máximo consumo (200 000 tons) en 1981. A partir de 1982 el alto precio que este metal tenía para los mexicanos provocó su estrepitosa caída en el consumo, llegando a tan sólo 82 000 tons. Esto es una muestra clara de que un material por mas importante que sea es desechado si su precio no es accesible.

El inicio de la metalurgia como ciencia originó un estudio generalizado de todo tipo de materiales, dando lugar al nacimiento de la "ciencia de los materiales" al finalizar la segunda guerra mundial. Desde un punto de vista intelectual, la ciencia de los materiales es un conjunto coherente de disciplinas científicas e ingenieriles que relaciona los arreglos atómicos que tiene la materia con las propiedades de ésta. El conocimiento resultante se utiliza para satisfacer las necesidades de la sociedad en el terreno de los materiales. En la actualidad los productores de nuevos materiales ya no son los metalurgistas puros, ahora deben ser al mismo tiempo químicos, ceramistas, ingenieros y físicos capaces de manejar las reglas que rigen el comportamiento de cualquier tipo de materia.

Otro tipo de material nacido a principios de este siglo y que intenta

derrocar el largo reinado del hierro es el material polimérico o plástico. El primer representante de este tipo de materiales fue la bakelita, que se conoció en 1907 aunque no fue sino hasta 1930 cuando se logró el dominio de sus estructuras moleculares, dando origen al primer plástico de laboratorio que fue el neopreno y más tarde el nylon. Se requirió la existencia de una guerra para impulsar el uso de estos materiales, que desempeñaron un papel muy importante en la sustitución del hule natural por el sintético en la fabricación de llantas para los vehículos de guerra, o de la seda por nylon en los paracaídas. El impulso que se le dio al estudio de estos materiales compuestos principalmente de carbono, hidrógeno, nitrógeno y oxígeno a partir de la década de los cuarenta fue tan impresionante que hay quien propone iniciar una nueva era para la humanidad llamada "era del plástico". Sin embargo se acordó en llamar a la nueva era, la "era atómica" por el desarrollo del material fisiónable que permitía usar la energía del átomo.

En mi opinión los que propusieron este nombre se precipitaron un poco, ya que a casi 50 años del inicio de esta era no existe evidencia de que haya causado un cambio drástico en la humanidad como lo causó el hierro. Es más, se empieza a sentir aversión hacia el uso de este material, cuya principal función ha sido el dar servicio a los señores de la guerra. No hay ni podrá haber usos pacíficos de la energía nuclear sin que exista la posibilidad de construir un arma nuclear utilizando los subproductos resultantes de la aplicación, de ahí el miedo de las potencias nucleares a que países tercermundistas tengan plantas nucleoelectricas, y de ahí los grandes problemas que ha tenido México para iniciar la termoeléctrica de Laguna Verde. Ahora la transformación de la historia consistirá en la capacidad de la humanidad para renunciar a esta energía.

Si queremos encontrar un material que en realidad haya causado cambios profundos en los últimos 50 años, citaría yo al material semiconductor. Este material, nacido en un laboratorio de investigación fundamental de la Bell Telephone, dio origen en 1947 a un dispositivo llamado transistor, con el que se inició la era de la miniaturización y fue el dispositivo ideal para la construcción de las computadoras, máquinas capaces de procesar enormes cantidades de información. La guerra, de nuevo, ha sido energía impulsora de su desarrollo.

Como podemos notar la era que nació después de la segunda guerra mundial no es realmente la era atómica, sino la era de los "nuevos materiales", sin que ninguno en especial haya opacado la labor del otro. Aún el viejo rey de los materiales, el hierro, se transforma y se mantiene a la cabeza del pelotón de nuevos materiales.

México entró tarde a la edad del hierro, sin haber conocido la del bronce, y aún hasta la mitad del siglo XX, nuestras necesidades de metales podían ser cubiertas fácilmente con el hierro y un poco de cobre para atender la industria eléctrica. Un signo inequívoco del subdesarrollo de un país es su baja demanda de materias primas. *El progreso tecnológico de un país se puede medir por el grado de uso que ha dado a los materiales que le ha entregado la naturaleza.* Los países tercermundistas nos caracterizamos por ser proveedores de materias primas para países desarrollados, esto es, entregamos nuestros materiales para que otros nos enseñen a usarlos a un alto costo, pagando así la inversión que ese país gastó en su desarrollo. La situación, además de ser desigual, ya que ellos pagan bajos precios por las materias primas y nos regresan productos o tecnologías a un costo muy superior, es peligrosa, ya que en años recientes la rapidez de crecimiento de un país desarrollado ya no depende, como a principios de siglo, de la adquisición de materias primas (figura 1).

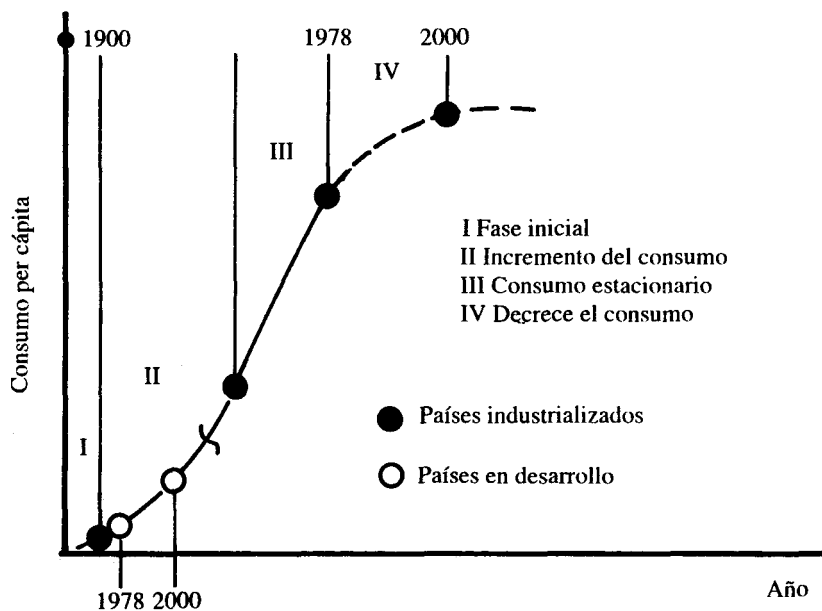


Figura 1. Desarrollo de un país en función del consumo per cápita. Se observa una tendencia a crecer sin aumentar su consumo.

Una explicación parcial del fenómeno la tenemos en el uso de materiales reciclables, como el aluminio, y la sustitución de materias primas de importación por materiales nacionales. Un ejemplo puede ilustrar lo anterior: a principios de siglo la cantidad de aluminio purificado que había en el mundo era prácticamente cero, por lo cual los países que empezaban a crear tecnologías para el uso del aluminio requerían de grandes compras de bauxita a los países tercermundistas que la tenían, y de energía eléctrica a países con gran capacidad hidroeléctrica en América y África. En la actualidad las reservas mundiales de aluminio son tan grandes que su precio ha caído a niveles inesperados (figura 2) y por lo tanto la demanda de materia prima para producir aluminio ha bajado. Las industrias utilizan ahora el metal reciclado, requiriendo tan sólo cantidades pequeñas de metal nuevo para satisfacer sus necesidades —y sin embargo los productos alcanzan precios cada vez más altos. Éste es un ejemplo de cómo en la actualidad el crecimiento de un país puede ser casi independiente de la adquisición de materias primas. Un caso típico es el de Estados Unidos y se ilustra en la figura 3.

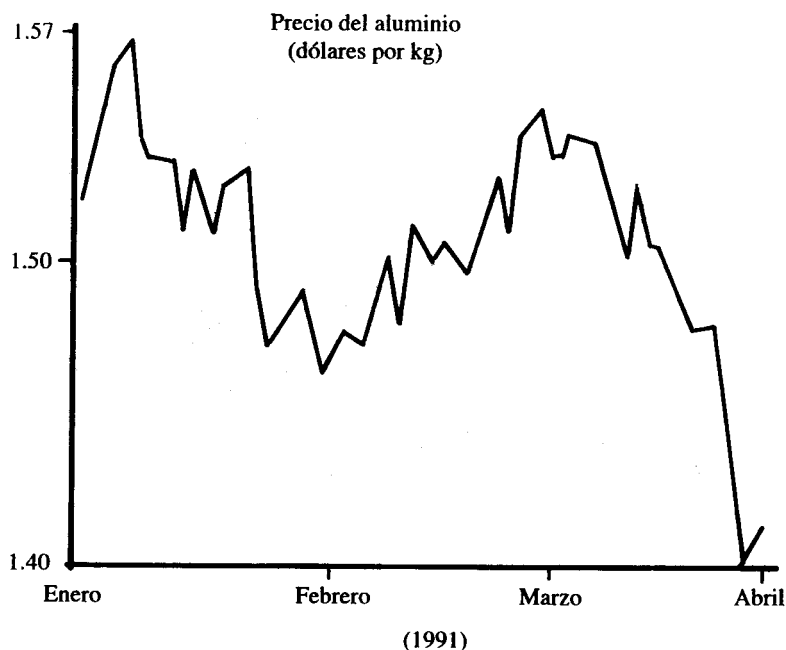


Figura 2. Tendencias a la baja de los precios del aluminio (dólares). El consumo de aluminio "nuevo" disminuye por el uso de aluminio secundario.

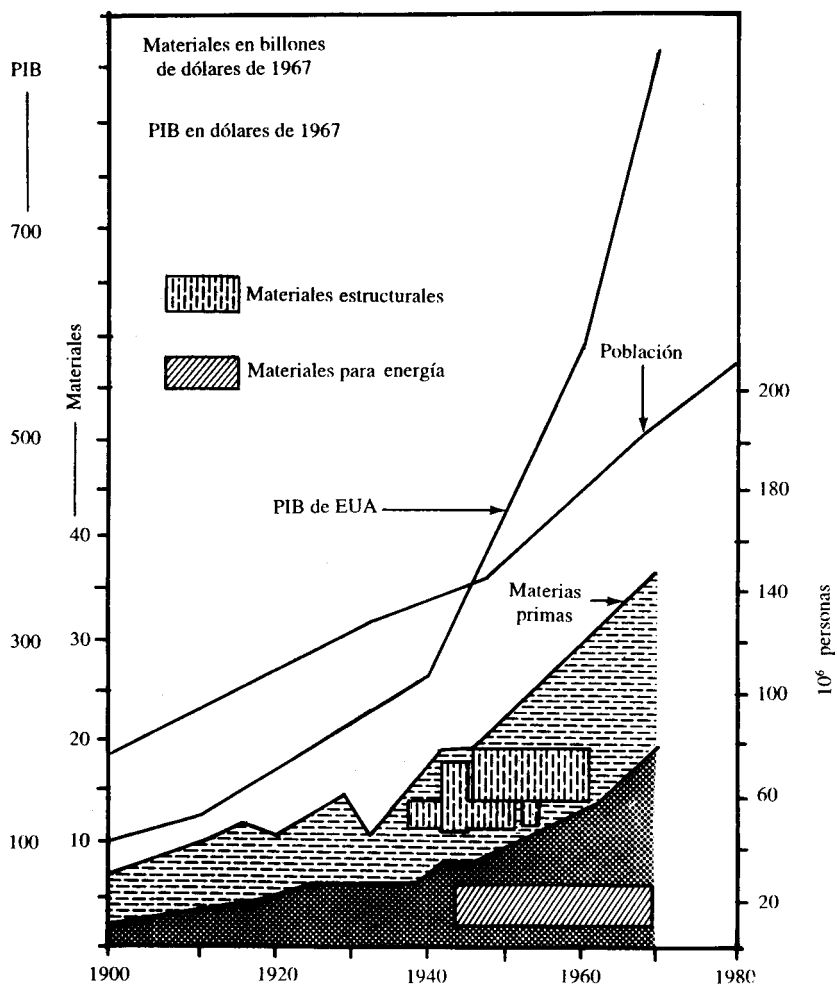


Figura 3. Consumo de materias primas en Estados Unidos y su efecto en su producto interno bruto. Su crecimiento se ha mantenido en aumento a pesar de que su consumo de materias primas no se ha incrementado en la misma proporción.

Las tendencias de los países industrializados en materia de uso de materiales están dirigidas hacia la fabricación de sus productos con sólo materias primas que estén a su alcance. Si lo logran, los materiales básicos que la humanidad usará en el siguiente siglo serán el hierro, el aluminio y los plásticos, quedando fuera de uso materiales como el cobre, cinc, etc., dañando en consecuencia la economía de países que viven de la exportación de materias primas. Esto ya lo estamos viviendo en la actualidad; el cobre es un ejemplo de esta situación. A fines de la década de los sesenta Chile decidió con justa razón elevar el precio del cobre y, como resultado, los países desarrollados consumidores iniciaron un programa de sustitución del cobre como conductor eléctrico. El aluminio puro tiene una conductividad cercana al 60% de la del cobre, por lo tanto no es tan buen conductor eléctrico, sin embargo como la conductividad depende del área, un alambre de aluminio de 2 mm de diámetro es tan buen conductor como uno de cobre con 1 mm de diámetro. Aunque el alambre de aluminio tenga mayor volumen que el de cobre, su peso estaría 33% abajo que el de cobre debido a que su densidad es tres veces menor. El costo por kilo es menor para el aluminio, resultando que un alambre con igual conductividad aunque más grueso pesaría menos y costaría menos en aluminio que en cobre. Un alambre con menor peso permite abrir la distancia entre torres de sustentación, utilizando así menos torres por kilómetro. En resumen, el alambre de aluminio supera al de cobre y por tal razón el cobre es desplazado por el aluminio en la conducción de altas tensiones. En otras aplicaciones, como la de conducción de señales telefónicas, la fibra de vidrio resultó ser más eficaz y más barata que los alambres de cobre, de tal manera que cuando hizo su aparición en 1980 el consumo de cobre se redujo a la mitad (figura 4), y no se diga en las aplicaciones de tuberías, en donde los tubos de plástico, aunque no mejores que los de cobre, sí resultan más baratos. Bajo tales condiciones el cobre va quedando en desuso y los países cuya economía depende de su venta requieren iniciar investigaciones para buscarle nuevas propiedades y nuevos campos de aplicación.

Recientemente surgió una esperanza con la aparición de la cerámica superconductora a altas temperaturas. Desde el descubrimiento de la superconductividad, o sea la pérdida de la resistencia eléctrica a una cierta temperatura, los científicos habían buscado materiales que fueran superconductores a altas temperaturas. No fue sino hasta 1986, en Zurich, Suiza, cuando los físicos Bernorz y Muller lograron una cerámica basada en óxido de cobre, que perdía su resistencia eléctrica a los  $-240^{\circ}\text{C}$  en lugar de  $-280^{\circ}\text{C}$  de los antiguos superconductores. Unos meses después la misma cerámica, con itrio como aleante y no lantano, logró alcanzar los

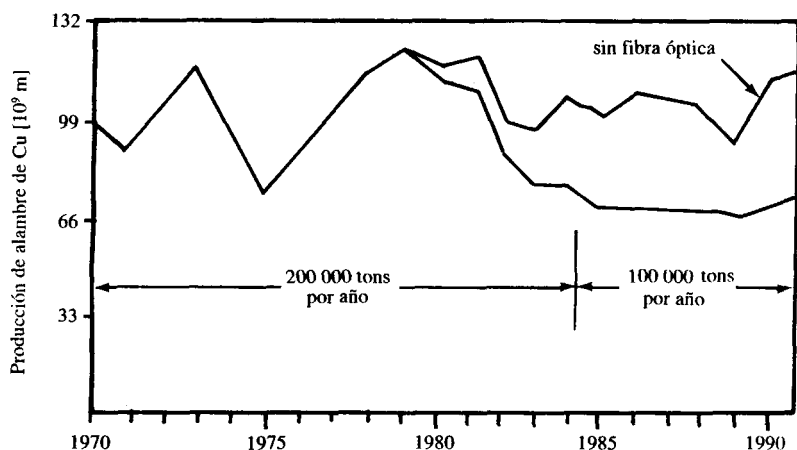


Figura 4. El vidrio desplaza al cobre. Al aparecer la fibra óptica como material de interconexión en las comunicaciones en 1980 el consumo de cobre se redujo casi a la mitad.

90K o sea  $-183^{\circ}\text{C}$ , temperaturas que abrían grandes posibilidades de aplicación. Debido a la aparición de este nuevo material basado en óxido de cobre y sus grandes y maravillosos campos de aplicación, los países desarrollados iniciaron grandes compras de cobre para aumentar sus reservas en espera de que los científicos e ingenieros anunciaran las primeras aplicaciones de este material de avanzada. Al subir la demanda de cobre el precio inició su ascenso a los niveles que tenía años antes, pero al no haber aplicaciones espectaculares inmediatas la demanda bajó y el precio volvió a caer. *Es urgente que los países subdesarrollados inicien investigaciones sobre sus materias primas antes que éstas sean desplazadas por materiales que después tendrán que importar.*

México es un buen productor de materias primas, que exporta a precios cada vez menores. Entre los metales se encuentran el cinc, cobre, cadmio, plomo, mercurio, bismuto y minerales que exportamos sin procesar, como los del molibdeno, tungsteno, litio y titanio. Aparte del cobre ¿quién ha oído hablar de aplicaciones a los otros materiales? El uso del cadmio, plomo y mercurio es cada día menor por aquello de que son contaminantes peligrosos; del cobre ya explicamos anteriormente su historia y el

cinc lleva un camino semejante. El molibdeno, litio y titanio son metales con aplicaciones a altas temperaturas en la industria atómica y en la aeroespacial, respectivamente, pero como en el país no existen esas industrias el interés por refinar estos minerales y obtener un poco más de ganancias es mínimo.

La industria del acero, el material más útil del país, produce en promedio 7 millones de toneladas anuales y es de las pocas que ha generado tecnologías de alcance mundial como el proceso H y L para reducción directa del hierro. La calidad del acero es muy buena y tiene las propiedades necesarias para la mayor parte de las aplicaciones del país. Sin embargo está en peligro de sufrir un colapso, por el uso de tecnologías obsoletas de producción que originan un acero más caro que el producido por ejemplo en Bélgica o China. Estos aceros al carbón extranjeros no son realmente mejores que los nuestros pero sí más baratos, y volvemos a comprobar que el material barato desplaza al caro.

La tendencia a mejorar las propiedades del acero a base de aleantes caros se ha detenido por el hecho de que un acero común al carbón puede tener propiedades cercanas a aquellos con aleantes costosos y complicados de fabricar. La automatización de los procesos por medio de la robótica exige un material estándar; una línea automática de soldadura de carrocerías no admite fácilmente el cambio de un acero al carbón por otro, por ejemplo microaleado, sin que afecte su rendimiento. La inversión en los cambios es tan alta que debe existir una muy buena razón para hacerlos. Por tales motivos la tendencia actual es a buscar tratamientos térmicos para el acero común, que mejoren sus propiedades, y no a cambiar su composición, que normalmente redunde en un mayor costo por tonelada de acero.

Los aceros inoxidableables son otro capítulo de los materiales; son caros pero sus aplicaciones así lo ameritan. El aleante básico de los aceros inoxidableables es el cromo, material que no tenemos en México, o que no hemos explotado. Este hecho, aunado a que el consumo nacional de este acero no llega ni al 5% del acero al carbón, nos obliga a importar el inoxidable, que tiene un contenido de cromo mayor al 12% en su totalidad.

En el campo de los materiales cerámicos nuestro país presenta un panorama más triste. La industria nacional de la cerámica no ha pasado de la fabricación de cazuelas y jarritos, que además son vetados por los mercados internacionales por tener un alto contenido de plomo. La cerámica para la fabricación de utensilios de cocina "Corning Ware" deja obsoletas a todas las cerámicas utilizadas en México para estos menesteres. El futuro de las cerámicas en el país se ve aterrador, ya que el número de científicos dedicados a esta rama de la ciencia de materiales es diez veces menor al



que hay en metales o polímeros. Las cerámicas van adquiriendo una importancia cada vez mayor en la vida de la humanidad, pues son indispensables para la fabricación de convertidores catalíticos, herramientas de corte, hornos de alta temperatura para todo tipo de industria, en la industria de la construcción y, lo más fascinante, sus aplicaciones en la industria electrónica, ya que son la base de nuevos semiconductores y superconductores. La cerámica es la aleación de un metal con un no metal; de hecho, todos los metales, exceptuando el oro y el platino, alcanzan su estado más estable al combinarse con el oxígeno.

Podemos aseverar que el estado más estable de los metales es el “oxidado”; las piedras están formadas por estos óxidos y tienen la característica de ser duras y frágiles, razón por la cual la humanidad dejó la piedra como material básico y lo cambió por los metales que son materiales metaestables, es decir no están en su estado de mínima energía, por lo cual tienden a oxidarse y producir las grandes pérdidas económicas, que alcanzan el 2% del producto nacional bruto en países desarrollados. ¿No es esto una tontería? Estamos purificando un metal a base de gastar grandes cantidades de energía, contaminación y destrucción del medio ambiente para que éste, en cuanto ve la oportunidad, regrese a su estado base que es el óxido, provocando enormes pérdidas económicas.

La falta de tecnología para usar la piedra provocó el cambio a los metales y la tecnología desarrollada con los metales nos lleva de nuevo a la edad de piedra, a través del uso de la cerámica. Lo que quiero decir es que ahora la humanidad equipada con los conocimientos vitales sobre la estructura de la materia empieza a crear nuevos materiales basados en cerámicos que están a punto de revolucionar nuestras vidas aprendiendo a usar la materia tal como se encuentra en la naturaleza. Un motor de cerámica puede trabajar a temperaturas que fundirían a un metal. El motor aumenta su eficiencia trabajando a mayores temperaturas y por lo tanto baja la contaminación. Las herramientas de cerámica, tales como buriles, tijeras, cuchillos y las bolitas de los bolígrafos tienen mayor duración que las convencionales metálicas. Esta nueva edad de piedra se encuentra tan sólo en sus inicios, razón por la cual es un buen momento para que sea iniciada en México.

Los polímeros, conocidos comúnmente como plásticos, tienen como materia prima básica al petróleo. Se han desarrollado en México gracias a la compra de recetas que ya no pueden ser protegidas por patentes y que su producción y su uso son contaminantes. En ese tipo de polímeros de la familia de las poliolefinas (polietileno, polipropileno, etc.) hemos alcanzado producción a nivel mundial. En la actualidad las compañías extranjeras

que manejan la producción en México (Paxon, Georgia, Gulf y Good Year) han desarrollado nuevos productos en sus lugares de origen que compiten con los producidos en nuestro país, por lo que estos empiezan a ser desplazados. Esto es, nos han dado la oportunidad de explotar una mina cuando está a punto de agotarse. Los plásticos que han sustituido a los metales en los automóviles no son hechos en México sino de importación, disminuyendo así las componentes nacionales en los automóviles.

La sustitución de los metales por plásticos en los automóviles no es porque sean más baratos sino porque los hace más ligeros y reduce el consumo de gasolina. Los plásticos son muy versátiles: se puede fabricar desde una bolsa para supermercado hasta un tanque de guerra; sin embargo la mayoría de ellos, en particular aquellos con propiedades especiales, son más caros que los metales, y aunque a nivel mundial el volumen de plásticos producidos es mayor que el de acero, la sustitución de los metales no podrá darse por lo menos en los 15 años siguientes. Cada material tiene su propio campo de aplicaciones, que está en proceso de quedar bien definido tanto por su costo como por sus propiedades. En un futuro más lejano es posible que la humanidad logre imitar los fabulosos polímeros que existen en la naturaleza y entonces las cosas podrían cambiar. Los hilos de una telaraña son diez veces más resistentes que el plástico más resistente inventado por el hombre, el kevlar, con el cual se fabrican utensilios de guerra como cascos, tanques, etc. Muchas de las creaciones de la naturaleza como los huesos, las conchas marinas o la madera desafían a los científicos a que las dupliquen. Una de las características de las creaciones de la naturaleza es que no son contaminantes, como lo son todos los polímeros diseñados por el ser humano.

#### DEMANDA DE MATERIALES EN MÉXICO

La demanda de materiales en México, la cual podríamos generalizar a todos los países en vías de desarrollo, estaría contenida en los siguientes tópicos:

1. Materiales para la industria metal-mecánica
2. Materiales para la información y comunicación
3. Materiales para el transporte
4. Materiales para el uso de la energía
5. Materiales en la medicina.

Estas industrias requieren en la actualidad de materiales que estimulen su crecimiento, nuevos materiales o procesos surgidos de laboratorios de

investigación fundamental en materiales podrían ser entregados a los ingenieros para que con ellos ejerciten su ingenio y llenen las demandas de nuevas tecnologías que requieren las industrias nacionales.

### *Materiales para la industria metal-mecánica*

Se ha hablado mucho de hacer ingeniería en reversa, o sea comprar un aparato, desarmarlo, copiarlo y después reproducirlo. En la actualidad esto es prácticamente inaplicable, ya que se encontrarán con elementos del equipo contruidos con materiales que no existen en el mercado nacional o con tecnologías de soldadura o ensamblaje imposibles de reproducir. En este momento es cuando hay que recurrir a una sustitución de materiales, es decir a diseñar un material con materias primas accesibles en el país y no exactamente a usar uno que exista ya en el mercado, pues de seguro ninguno se ajustará a los requerimientos. Esto implica tener disponible laboratorios con científicos preparados en "ciencia de materiales" capaces de afrontar estos retos y al mismo tiempo dedicados al diseño de diversos materiales basados en materias primas nacionales. *Un nuevo material trae consigo una nueva tecnología* que puede originar nuevas industrias y elevar la productividad, sin descontar los problemas serios que hay que vencer para introducir esta tecnología.

En el Instituto de Investigaciones en Materiales de la UNAM tenemos un ejemplo de este tipo. En el departamento de Materiales Cerámicos y Metálicos desarrollamos un nuevo material basado en cinc denominado zinalco, que de hecho es una aleación que contiene tres cuartas partes de cinc. México es un productor a nivel mundial de minerales de cinc, ocupamos el quinto lugar en el mundo, y sin embargo nuestra producción de cinc metálico refinado que es de alrededor de 200 000 toneladas, lo que nos coloca en un lugar cercano al vigésimo. Esto implica que la mayor parte de nuestra producción de minerales se vende al extranjero con un mínimo de transformación, confirmando nuestra calidad de países proveedores de materias primas. La aleación zinalco se desarrolló con el objeto de dar mayores usos al cinc. Después de 8 años de estudio, en 1984 se tuvo un material que superaba las propiedades del cinc puro, mismo que podríamos definir como una mutación del cinc ya que bajamos su peso, incrementamos su ductilidad, mejoramos su resistencia mecánica y su resistencia a la corrosión, de tal manera que quedó con propiedades mecánicas semejantes al acero estructural pero con la resistencia a la corrosión del aluminio y un peso (densidad  $5.4 \text{ gr/cm}^3$ ) 36% abajo del acero, aunque el doble que el aluminio.

El material se puede extruir con menor energía que la usada en el aluminio, laminar y maquinar a alta velocidad, además de las aplicaciones clásicas de fundición. Creó nuevas tecnologías para la fabricación de dispositivos clásicos, como por ejemplo válvulas de gas que clásicamente se fabrican de latón por medio de forja. El diseño en zinalco de la misma válvula se realiza por inyección, lo que permite una rapidez de producción cinco veces mayor; el material pesa 40% menos y su costo por kilo es 20% menor, resultando una válvula con mejor presentación y más barata.

Lo mismo sucedió con la fabricación de llaves para cerraduras, engranes y diversas piezas de uso actual en el transporte colectivo Metro. La introducción del nuevo material no ha sido fácil y todavía hay mucho que luchar. Éste es un ejemplo de que se puede dar nuevos usos a nuestras materias primas nacionales y evitar que sean vendidas con bajos beneficios.

Los nuevos procesos que se han desarrollado en el mundo deben ser probados ahora a nivel laboratorio antes de que se impongan en los países desarrollados. No implican forzosamente un nuevo material, ya que normalmente se utilizan materiales clásicos con variaciones en su estructura. Entre los nuevos procesos que empiezan a destacar en la industria metal-mecánica tenemos:

1. La metalurgia de polvos
2. La superplasticidad
3. La solidificación rápida.

La metalurgia de polvos nos permite fabricar piezas muy complicadas o difíciles de maquinar por sus dimensiones, a base de compactar polvos del metal en un modo adecuado y luego sinterizarlo a temperaturas cercanas a la mitad de su punto de fusión expresado en grados absolutos. También permite darle forma a materiales con alto punto de fusión como los metales refractarios, tungsteno y molibdeno que existen en el suelo nacional y de los que prácticamente no producimos ningún producto terminado. Con polvos también podemos hacer aleaciones de materiales con puntos de fusión muy diferentes, como cobre y cinc, o que son difíciles de mezclar aun en estado líquido, como cobre y plomo. Estas aleaciones se denominan "mecánicas", pues los polvos se mezclan en forma mecánica y luego se sinterizan. Con este método se logra gran precisión en la composición.

La superplasticidad es un proceso que está a punto de revolucionar a la industria metal-mecánica en todo el mundo. El fenómeno conocido como superplasticidad es la pérdida de la resistencia mecánica de un material a una temperatura dada ( $\approx 0.5$  temp. de fusión). Esta disminución de la resistencia mecánica va acompañada de un incremento en la ductilidad, de tal manera que es posible estirar el material en más de 1 000%. El uso de me-

tales que presenten esta propiedad repercutiría en una disminución de la energía de conformado, evitando las grandes máquinas que se requieren en la actualidad. Los metales que se producen en México tienen la particularidad de poderse llevar a un estado superplástico; de hecho, se han estudiado aleaciones basadas en cinc, bismuto, cadmio y plomo con excelentes propiedades superplásticas. Las basadas en cinc son las más prometedoras por su alta resistencia mecánica a temperatura ambiente y su menor precio. En Estados Unidos existe ya en el comercio aluminio superplástico que empieza a ganar adeptos en el conformado superplástico. El apoyar conjuntamente investigaciones básicas e industriales en estos materiales permitiría a México iniciar una revolución industrial al parejo de otros países desarrollados.

### *Materiales para la información y comunicación*

Los materiales básicos en los sistemas modernos de información y comunicación son aquellos capaces de mover electrones y fotones de un punto a otro. Los materiales que cumplen bien con esta función y en forma económica son los semiconductores y la fibra óptica. Los semiconductores más baratos que existen son los basados en monocristales de silicio. La tecnología para la fabricación de los dispositivos semiconductores, es decir los microcircuitos, está muy desarrollada y explotada, al grado que son industrias con patentes a punto de vencerse, dentro de Estados Unidos, por lo cual ya empiezan a ofrecer estas tecnologías a países subdesarrollados.

Las nuevas tecnologías en la rama de semiconductores tienen su futuro en la bioelectrónica, es decir sistemas semiconductores preparados a partir de materiales orgánicos en lugar de silicio o germanio. En México no se deberá caer en el juego de deslumbrarnos con la fabricación de microcircuitos con las tecnologías del silicio, ya que sin lugar a dudas esa tecnología será obsoleta en menos de diez años. En este caso es mejor continuar comprando los microcircuitos clásicos y que nuestros ingenieros continúen desarrollando aplicaciones con ellos, y paralelamente apoyar las investigaciones en biotecnología, que es el campo que está a punto de rendir nuevos materiales para la información y comunicación. En esta forma habremos entrado a una carrera de maratón cuando está por iniciarse y no entrar a una que ya tiene una hora de haberse iniciado en donde nuestras oportunidades son cero.

Las comunicaciones con luz están tomando un tremendo auge; aunque todavía no hay dispositivos que puedan controlar la luz como un transistor controla las señales eléctricas, su uso ya se ha iniciado para transportar

información, aunque después vuelva a convertirse en señal eléctrica para manejarla. La luz dentro de una fibra óptica se comporta superconductora, es decir prácticamente no hay pérdida de potencia al conducirla. Aquí el material para conducirlas es la fibra óptica, que por lo que se ve se quedará como el conductor del futuro a menos que apareciera el superconductor a temperatura ambiente. La tecnología para la fabricación de la fibra óptica es, por lo tanto, una de las que deberán ser desarrolladas para implantarse en México tan pronto como sea posible, no importando si se tenga que "piratear" la tecnología.

### *Materiales para el transporte*

Los materiales para el transporte son todos aquellos que nos sirven para la fabricación de vehículos tales como automóviles, trenes, camiones, etc. Los vehículos que se producen en México por año consumen una cantidad exorbitante de materiales anualmente. El principal material es el acero suave o bajo en carbono, al cual se le han unido materiales como el aluminio, plásticos y acero de alta resistencia. La tendencia a reducir el peso de estos transportes ha disminuido el contenido de acero suave en su fabricación, sustituyéndolo por plásticos y aceros de alta resistencia que no se fabrican en México y que no son más baratos pero sí reducen el peso del vehículo, permitiéndole ahorrar energía (figura 5).

Esta solución no es la más adecuada para el país, sin embargo hay que aplicarla porque los diseñadores de los automóviles que se hacen en México están en el extranjero. Nos han sustituido una defensa que estaba hecha con acero nacional en los años setenta por una de plástico importada en su totalidad. La defensa de plástico se deteriora con la luz solar al igual que los tableros de plástico y cuando se rompen no tienen reparación, hay que cambiarlos completamente. La solución es utilizar materiales nacionales, que permitan reducir el peso, costos y dependencia.

Una posible solución la tenemos al usar zinalco superplástico para fabricar la carrocería.

El zinalco pesa 36% menos que el acero y su resistencia mecánica es ligeramente superior al acero suave, con la ventaja de que su resistencia a la corrosión es 30 veces superior. El uso de las técnicas de superplasticidad permitiría fabricar las carrocerías con técnicas utilizadas en los plásticos, con lo cual se reducirían los costos de producción en cinco veces. Desgraciadamente, aunque estas técnicas son ya posibles en el país su aplicación requiere del permiso del fabricante extranjero.

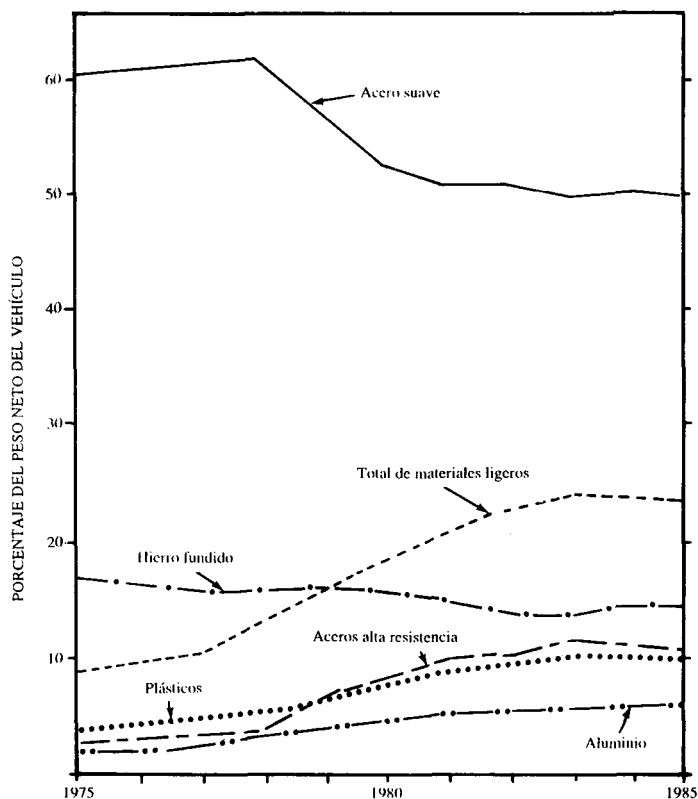


Figura 5. Materiales utilizados en la fabricación de automóviles. El acero suave es el más utilizado.

### *Materiales para el uso de la energía*

Las diversas formas de energía que están en uso, o en uso potencial, demandan materiales con propiedades especiales. La fuente de energía más común en México es la derivada del petróleo, la cual puede convertirse en electricidad por medio de termoeléctricas o energía motriz por medio de combustible para automóviles. La otra fuente importante de energía es la hidroeléctrica. Las fuentes potenciales son la energía solar, la nuclear y la geotérmica. El aprovechamiento del petróleo como fuente de energía requiere una complicada combinación de materiales, tanto para extraerlo

como para transportarlo y finalmente convertirlo en un combustible apropiado. El acero al carbón es un elemento esencial y de gran consumo, sin embargo el mayor gasto se realiza en materiales con alto grado de especialidad y cuyo consumo es algunos cientos de kilos. Podríamos mencionar las brocas de perforación fabricadas de carburo de tungsteno reforzadas con cortadores de diamante hechos de polvo de diamante sinterizado, o las superaleaciones (aleaciones de níquel, aluminio, cromo) requeridas para realizar la catálisis a altas temperaturas, o paletas de la turbina de una termoeléctrica, cuya temperatura de trabajo es superior a los 500°C. La lista de materiales de este tipo es enorme y enorme sería la inversión requerida para producirlos en el país, además de que hay que tomar en cuenta que el cromo y el níquel, materiales básicos de los aceros inoxidables y las superaleaciones, muy usadas también en las plantas geotérmicas, no existen en el subsuelo nacional.

Es función del Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) elegir la producción de aquellos materiales que de llegar a faltar podrían paralizar la industria petrolera mexicana, como sería el caso de los catalizadores. Hay otros materiales que en un momento de emergencia podrían ser sustituidos por productos nacionales, aunque con menor rendimiento, como serían aceros al manganeso para fabricar las brocas de perforación.

La energía solar es una de las fuentes energéticas que abunda en nuestro país, sin embargo su utilización eficiente aún permanece en el misterio. Las celdas fotovoltaicas fabricadas a base de monocristales de silicio son el método más eficiente que conocemos desde 1974 para convertir la energía solar en electricidad. Las celdas solares son una fuente excepcionalmente limpia de energía y parece ser prácticamente infinita, sin embargo su costo las mantiene fuera de competencia. Es cierto que los nuevos procesos para obtener silicio ultrapuro, a base de obtenerlo a través del triclorosilano o del silano ( $\text{SiH}_4$ ), o del silicio amorfo, han disminuido los costos de producción al grado que en 1975 el costo del kilovatio producido por celdas solares era 300 veces más caro que el producido por una termoeléctrica. En la actualidad esta relación es de tan sólo dos veces, pero la vida útil de las celdas es de tan sólo diez años. En mi opinión se ha llegado a lo máximo en celdas basadas en silicio, pero no hay por el momento algún otro material que las supere.

La energía nuclear, tal como se comentó anteriormente, tiene la desventaja de estar unida a la producción de armas atómicas, ya que los desechos de una planta nuclear incluyen plutonio, el cual está bajo estricto control de las potencias nucleares, por lo cual el uso de esta energía queda restringido a estas potencias. Otro problema grave son los desechos nu-



cleares que requieren métodos muy costosos para minimizar sus efectos nocivos. Los materiales requeridos por una nucleoelectrica requieren ser resistentes a la radiación y a las altas temperaturas, elevando el costo de la energía producida a dos y media veces el costo de la energía producida por una hidroeléctrica.

De acuerdo con esto México deberá apoyar las investigaciones básicas sobre usos de la energía solar y esforzarse por mantener independiente la energía proveniente del petróleo e hidroeléctricas.

### *Materiales para uso en medicina*

El importante papel social que tiene la medicina debería obligar a los científicos a dedicar una buena parte de sus investigaciones a este campo. Biomateriales es el nombre con que se conocen los materiales compatibles con un organismo vivo. En el mundo se han desarrollado polímeros, cerámicas, vidrios y materiales compuestos que son capaces de sustituir partes dañadas del organismo humano. Los médicos mexicanos no están a la zaga en las técnicas que les permiten realizar estos implantes, utilizando por supuesto dispositivos de importación, que invariablemente tienen un alto costo. Los materiales clásicos utilizados en implantes son titanio y acero inoxidable —los cuales no se producen en México—, cerámicas como la hidroxiapatita, carbón pirolítico, o polímeros cuya formulación desconocemos aunque muchos son variantes del poliuretano y de las siliconas.

Los biomateriales han comenzado a llamar la atención a los científicos nacionales y ya existen algunos grupos trabajando en esta dirección, con algunos resultados como la fabricación de prótesis mamarias y aleaciones de bajo costo y materias primas nacionales como el cinc, que han dado sorprendentes resultados al ser implantados en ratas de laboratorio, además de los esfuerzos realizados por los diferentes centros de salud, tratando de homologar materiales nacionales con los extranjeros para la fabricación de diversos tipos de implantes.

# AUTOMATIZACIÓN: TÉCNICA PARA USUARIOS

**Cristina Verde R.**

**RESUMEN:** En este trabajo se discuten algunos de los problemas a los que se enfrentan la producción industrial como consecuencia de la revolución industrial de nuestros días. En particular se presenta a la automatización como la única solución rentable para obtener una producción flexible, tener una fabricación programada y hacer un uso moderado tanto de las materias primas como de la energía para proteger el medio ambiente.

## INTRODUCCIÓN

En el progreso de la ciencia y la tecnología, las disciplinas que actualmente desempeñan papeles muy relevantes son las matemáticas, la física, la biología, la computación y la ingeniería. Particularmente, se puede decir que el desarrollo de los circuitos electrónicos con alto grado de integración junto con la confiabilidad y rentabilidad ha cambiado radicalmente tanto las perspectivas como los métodos de solución en los problemas de ingeniería.

Por otra parte, el mercado mundial exige cada vez más una mayor precisión, productividad y por tanto mayor control en las líneas de producción.

Lo anterior ha traído como consecuencia el nacimiento de una nueva revolución industrial, en donde el objetivo fundamental es modificar y gobernar el comportamiento de los sistemas dinámicos complejos usando máquinas que remplazan a los operadores. En este proceso participan fuertemente las áreas de automatización y computación.

Se entiende la automatización como la disciplina encargada de diseñar, construir e instalar equipo con capacidad de realizar funciones determinadas satisfactoriamente de acuerdo con ciertas normas o especificaciones, sin la intervención directa o parcial del hombre. Así, los operadores responsables de los procesos sólo deben actuar cuando se está en condiciones de emergencia o se desea cambiar las condiciones de operación del proceso.

Por otro lado, las ciencias como la física, geografía, medicina y biología se han beneficiado con este cambio, ya que experimentos difíciles o imposibles de realizar en el pasado son hoy en día tareas rutinarias con los nuevos esquemas y dispositivos de supervisión y control.

En general, la automatización reemplaza operadores por instrumentos y hace posible tareas complejas, las cuales no pueden realizarse sin un alto grado de automatización del sistema; tal es el caso del control de centrales eléctricas y nucleares, petroquímicas, etc. Por otra parte, la automatización de cierto tipo de procesos proporciona una mejora tanto en la calidad del producto como en la eficiencia del proceso de producción. Prácticamente todos los procesos de manufactura modernos dependen de procesos y máquinas de control altamente precisos.

Para lograr sus objetivos la automatización se encuentra dividida en tres subáreas:

- **Instrumentación.** Tiene como función el diseño y construcción de sensores y actuadores que permitan registrar continuamente las variables de interés y efectuar acciones sobre el proceso a gobernar. La meta de esta subárea es lograr dispositivos de dimensiones pequeñas, bajo consumo de energía y rapidez de respuesta en comparación con la dinámica de la variable de que se trate.

- **Control automático.** Tiene como función modificar y gobernar, con base en la información presente, el comportamiento de un sistema, de manera que se satisfagan criterios especificados de funcionamiento. El desarrollo de este campo permite, actualmente, analizar y sintetizar formalmente con base en estudios matemáticos las leyes y esquemas de control para manipular procesos en general.

- **Computación.** En esta subárea se consideran principalmente los aspectos de programación y esquemas de sistemas de cómputo en tiempo real, dejando marginalmente los campos relacionados con la arquitectura, configuración de dispositivos y lenguajes de programación generales.

Como consecuencia, cualquier sistema automatizado real, por simple que sea, es el resultado de la vinculación de las tres subáreas arriba mencionadas.

Por otro lado, en la sociedad tecnológica actual no cabe duda que el ser humano se apoya para realizar sus actividades cotidianas en un conjunto de sistemas de control automático con diferentes grados de sofisticación; ellos van desde el reloj despertador hasta el autómatas del banco o el sistema complejo de control para el tráfico urbano.

Sin embargo, la aplicabilidad de los sistemas de control no se debe sólo a la instrumentación moderna y el equipo electrónico en general, sino

también al grado de desarrollo de la teoría de control basada fundamentalmente en el concepto de retroalimentación.

Así, hoy en día esta teoría permite manejar sistemas dinámicos muy complejos aun en presencia de incertidumbres y fenómenos externos. La importancia de este campo estriba en que la toma de decisiones (cerebro y logística) de los sistemas automatizados se diseña y analiza con los conceptos y herramientas que ésta suministra. Por otro lado es indudable que la complejidad, inexactitud en las mediciones e incertidumbres en el comportamiento de un sistema hacen con frecuencia del problema de control una tarea difícil de resolver.

El presente trabajo se centra en un análisis de la evolución y estado actual global de la automatización a nivel mundial.

#### ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Uno de los factores importantes que ha permitido que el campo de la ingeniería de control se transforme de un arte en una ciencia es la posibilidad de describir las propiedades de los sistemas dinámicos usando el lenguaje formal de las ecuaciones diferenciales y la lógica matemática. Así, es posible sustituir el proceso por su modelo y enunciar los problemas de control en el contexto formal, teniendo como ventaja la posibilidad de realizar análisis y síntesis antes de implantar o construir esquemas y procesos de control.

El proceso de transformación arriba mencionado se origina a principio de este siglo, no obstante que la máquina de vapor fue creada por J.C. Maxwell en 1868. Un factor fundamental para el desarrollo y el empleo del control en este siglo, desgraciadamente fueron las dos guerras mundiales. En los años treinta, H. W. Bode formaliza el concepto de retroalimentación para equipos electrónicos, sentando las bases sobre las que descansan los autómatas y sistemas de control. Es en plena guerra cuando N. Wiener, creador de la cibernética, resuelve el problema de predicción y filtraje de señales con ruido, herramienta fundamental para el tratamiento de información, sistemas de control y comunicaciones.

La época de la posguerra se caracteriza por la creación de un cúmulo de herramientas y el establecimiento de conceptos que amplían el horizonte de aplicación de la teoría de control. Las aportaciones posteriores a la guerra junto con las computadoras digitales permitieron el desarrollo acelerado de los proyectos espaciales tanto en Estados Unidos como en la Unión Soviética. Las décadas de los sesenta y setenta se particularizan por la diversificación de las herramientas así como por la aplicación en forma

masiva de esquemas de control digital. Las computadoras empiezan a ser asequibles en los centros de investigación, motivando el desarrollo fundamental de algoritmos de control y su aplicación a procesos reales. En 1969 se instala la primera computadora de procesos en la refinería de Texaco, en Texas, manejando 26 flujos, 72 temperaturas, tres presiones y tres compuestos.

En la última década el problema del tamaño y la vinculación de la teoría de control con la ciencia de la computación son las principales inquietudes de los ingenieros en el campo. El problema de las inevitables variaciones e incertidumbres en los parámetros y perturbaciones a los que está sometido cualquier proceso físico originó la idea de autoajustar y adaptar los parámetros de los controladores continuamente. Esta filosofía de diseño tiene gran demanda por parte de los ingenieros de procesos y son esquemas muy populares en la actualidad.

Por tanto, con base en el desarrollo histórico arriba mencionado se puede decir que la automatización inicia su impetuosa evolución en la década de los cincuenta, siendo un campo de la tecnología extremadamente dinámico que crece en forma exponencial ofreciendo nuevas, fascinantes y en algunos casos peligrosas aplicaciones.

Entrando un poco más en detalle las razones que dieron origen a este dinamismo, además del soporte de la teoría de control, son varias. Por un lado la vertiginosa velocidad innovadora de la microelectrónica y la computación que ofrecen sin cesar nuevas soluciones a los problemas planteados, permitiendo así incrementar el número de herramientas de análisis y diseño para dibujar procesos automatizados complejos.

Otro factor importante que ha contribuido al crecimiento acelerado de los sistemas automatizados, aun en los países en vías de desarrollo, es la fuerte competencia que existe en todos los campos de la producción, con exigencias cada vez mayores por parte de los usuarios.

También desempeñan un papel importante las condiciones de operación que deben cumplir las instalaciones de los sistemas industriales para preservar el medio ambiente, ya sea aire, suelo o agua; claramente este papel es cada vez más relevante.

Algunos autores presentan a la electrónica como la precursora de este cambio. En particular, en el campo de la automatización fue a fines de los cincuenta cuando los circuitos transistorizados empezaron en los países industrializados a remplazar a los equipos de control y regulación mecánicos, neumáticos y electromecánicos usados hasta ese entonces. De esta forma se crearon los primeros reguladores analógicos electrónicos y los sistemas digitales de control.

Otro factor importante fue la integración de componentes analógicos y digitales en el circuito integrado, "chip". Con ello se logró materializar funciones de regulación de mayor envergadura, dando paso realmente a la automatización en gran escala. El microprocesador ofreció la posibilidad de una programación libre, es decir, la interrelación de los elementos de conmutación por medio de programas en lugar de un cableado fijo como se hacía en los años setenta. Así, la funcionalidad del equipo de automatización quedó en manos del software y no del hardware. El resultado fue un amplio espectro de sistemas de automatización con computadoras integradas, a precios muy razonables y con una gran gama de posibilidades de multitareas. Por otro lado se hace notar que existen dos tipos de automatización: la más antigua, que corresponde a la de los procesos, y la más reciente, enfocada a los medios de producción en gran escala.

Se puede decir que originalmente la evolución de la automatización comenzó en los procesos industriales continuos como son las centrales eléctricas, los trenes de laminación y la industria del cemento. En estos casos se requería satisfacer en forma continua especificaciones fuertes con un alto grado de seguridad en los sistemas. En consecuencia, el esquema más ampliamente usado en estos casos fue un sistema de control retroalimentado con capas superpuestas en forma similar a una pirámide. Un ejemplo clásico de este tipo de arquitectura denotador de jerarquías se encontraba en las centrales eléctricas durante los años sesenta y setenta.

Fue posterior, prácticamente en los setenta, el desarrollo de la automatización de producción, entendiéndose por esto islas productivas, aisladas entre sí, cuyo único objetivo era lograr fabricar la mayor cantidad de piezas en un tiempo mínimo. Esta demanda dio origen a las máquinas-herramienta con control numérico y programas codificados en cintas perforadas, las cuales fueron evolucionando hasta lo que hoy se conoce como robots. Por lo tanto, ha sido en la última década cuando estas pequeñas islas se han ido transformando, uniéndose para formar, a través de una red de comunicación, un sistema integrado y poder así obtener una producción flexible con tiempos cortos de suspensión de actividades y un volumen reducido de productos en el almacén.

A partir de este tipo de realizaciones se desarrolló la producción, los diseños, los proyectos y la gestión de pedidos asistidos por computadoras.

Así pues, no obstante que la automatización de los procesos y de la producción se han desarrollado esencialmente a partir de diferentes aplicaciones, ambas se basan en gran medida en los mismos conceptos, ya sea para hacer tareas de control, regulación, comunicación u operación y supervisión de las instalaciones. Se hace notar que esta última función ad-

quiere cada vez mayor importancia, al igual que las comunicaciones; es decir, la interconexión informática en red de los distintos componentes de la automatización. Por tanto se puede decir que en un futuro cercano ambas aplicaciones que hoy aún se definen por separado, tendrán mayores puntos en común y se interrelacionarán con mayor intensidad.

Otra contribución importante en el desarrollo de la automatización fue la incorporación de software específico a través de la computadora de procesos, la cual corresponde a una variante de la computadora digital utilizada para aplicaciones industriales.

Es prácticamente a finales de los ochenta cuando los microprocesadores permiten un nuevo avance dentro del área de la automatización; es decir, el empleo de sistemas de control y regulación mediante sistemas programables que pueden ser modificados fácilmente. En nuestros días estos sistemas llegan hasta los equipos de campo inteligentes; los transductores con cálculo electrónico son un ejemplo. Es decir, el software es el soporte que le da funcionalidad a los equipos modernos y autómatas. Las predicciones aseguran que la importancia del software continuará acrecentándose en los autómatas comerciales como son los controladores programables y los dinámicos.

Si se comparan los primeros sistemas hechos con lógica cableada que consumían mucha energía y espacio para regular un proceso de los años cincuenta con los sistemas de los años setenta implantados por medio de microprocesadores se ve una gran diferencia en tamaño y consumo de energía. Sin embargo, los nuevos equipos no sólo son pequeños y de bajo consumo de energía, sino que además son capaces de realizar funciones complejas como son la comunicación, la gestión local de datos, el diagnóstico o la operación y representación de informaciones en forma gráfica. Todas estas funciones están fundamentadas esencialmente en el software incluido en los equipos.

Por otro lado, la potencialidad del software ha traído como consecuencia obviamente un gran incremento en sus costos de desarrollo. Es común encontrar que el costo de software supera en mucho a los del hardware correspondiente. A todo esto deben agregarse los costos de desarrollo de las aplicaciones específicas que llegan en algunos casos al 50% de los costos de toda la instalación; es decir, soluciones particulares a problemas muy específicos de los usuarios.

Además, el software muestra todavía una tendencia creciente y su elaboración de manera sistemática es aún hoy un proceso difícil; faltan metodologías y herramientas adecuadas que permitan dominar el campo. Hoy no se puede pensar en desarrollar, configurar y probar software sin

la utilización de estaciones de trabajo, computadoras personales y equipos de programación totalmente gráficos. En resumen puede decirse que el software desempeña en nuestros días un papel importante dentro de los sistemas automatizados. Su dominio, tanto en la producción como en la calidad, se ha convertido en uno de los factores decisivos en el desarrollo y la aplicación de la automatización.

Otro factor importante en el desarrollo de la automatización a nivel mundial ha sido la normalización y la facilidad de disponer de equipos intercambiables. En el pasado las empresas tenían normas específicas, empero desde hace algunos años cuentan con normas generales internacionales. Pueden mencionarse sistemas estándares a nivel mundial como son los faxímiles, videos, etc. En particular en el área de la automatización el uso de controladores normalizados fabricados por diferentes compañías internacionales y que pueden ser implantados en cualquier proceso industrial es un hecho común actualmente. Estos módulos básicos son el resultado de la normalización internacional.

Como consecuencia natural de esta normalización las patentes sólo logran proteger en forma limitada a los productos. Las compañías trabajan conjuntamente colaborando con instituciones internacionales de normalización; ejemplo de ello es la actividad precursora en los trabajos realizados para la normalización en los sistemas de comunicación que simplifica el intercambio de información entre autómatas; es decir, la interconexión de los sistemas de automatización para conformar un sistema o red.

En particular, las compañías trasnacionales consideran que la normalización es rentable y brinda ventajas al cliente, ya que se dispone de una amplia variedad de productos que combinados pueden aprovecharse más eficientemente. Además, se pueden aprovechar técnicas comprobadas, reduciendo por un lado los costos y el tiempo de desarrollo y asegurando por otro lado la inversión.

#### APLICACIONES RELEVANTES

Como en cualquier área del conocimiento, en la automatización existe un cierto retraso entre el desarrollo de una nueva idea en el laboratorio o teoría y su uso a nivel industrial. En algunos casos la teoría tarda dos o tres décadas en ser aplicada. Pero también es cierto que existen aportaciones teóricas recientes que rápidamente han encontrado un uso importante en la solución de problemas de automatización.

Así, por un lado existe un gran número de aplicaciones, como son los



procesos químicos y la industria metalúrgica, en donde se emplean, aun en países desarrollados, algoritmos bien conocidos desde el punto de vista de la teoría de control, y por el otro industrias de alta tecnología como la aeroespacial y biomédica en donde se concentra la aplicación de los conceptos teóricos desarrollados recientemente.

A continuación se exponen varios ejemplos de las aplicaciones de control. Se puede ver que es difícil desligar estas aplicaciones de otras disciplinas, tales como la computación, la electrónica, la mecánica con sus diferentes especialidades, la medicina y otras:

Los trasbordadores espaciales equipados con sistemas sofisticados de control, incluyendo dos autopilotos diferentes implantados con cinco computadoras.

Las terapias para el tratamiento de algunos tumores cerebrales basadas en la administración de medicamentos estrictamente controlados por un equipo electrónico.

Los controles hidráulicos empleados en ingeniería de estructuras para amortiguar en forma activa las perturbaciones causadas por el viento y temblores en los edificios altos.

El campo de los procesos químicos, en donde la particularidad más importante de este tipo de sistemas es el número de variables a controlar; comúnmente llegan a más de 1 000 por unidad de producción. El costo y desarrollo de los equipos de cómputo han contribuido fuertemente para lograr supervisores con alta confiabilidad a precios accesibles.

La industria del acero es un caso marcado donde las especificaciones de calidad, principalmente con respecto a uniformidad en los materiales, llevaron a una automatización acelerada en los años sesenta.

Los equipos que involucran servomecanismos de posición y velocidad, como son los robots manipuladores, los manejadores de disco, videograbadoras y máquinas de escribir electrónicas ejecutan funciones de control a través de microprocesadores.

Los dispositivos y miembros artificiales implantados en el ser humano para la estabilización de la presión arterial y sincronía del ritmo cardíaco.

La generación y distribución de energía eléctrica es otro campo en donde la automatización brinda un fuerte apoyo en las diferentes facetas del sistema. Se optimizan políticas de operación anuales para maximizar el beneficio de centrales termoeléctricas y nucleoelectricas; se supervisa y vigila la buena operación de las plantas; se interconectan redes automáticamente en caso de fallas y condiciones de emergencia, etcétera.

Finalmente, los procesos de manufactura y maquiladoras se han beneficiado en los últimos años con la llegada de robots manipuladores y má-

quinas-herramienta. La tendencia en los países desarrollados es la mecanización casi totalmente automatizada de la línea de producción.

## IMPACTO SOCIAL

Como consecuencia del cambio generado por los autómatas, la sociedad actual se enfrenta por un lado al reto de modificar sus actividades para usar sistemas completamente mecanizados, como los cajeros automáticos de los bancos, los autopilotos, etc., y por otro a crear empleos para aquellos operarios poco capacitados que han sido remplazados por los autómatas.

Es frecuente encontrar desconfianza y miedo por parte de los usuarios. Sin embargo, este fenómeno ha tenido lugar en otras ocasiones de la historia de la humanidad y siempre se ha salido adelante, logrando mejores niveles de vida, empleos menos pesados y una reducción en las jornadas de trabajo. Esto requiere, obviamente, una transformación social que favorezca la creatividad de los individuos y evite el sentirse desplazados por una máquina. El que las máquinas realicen las labores enajenantes y riesgosas debe permitir elevar el nivel de vida de la sociedad, además de aumentar el tiempo libre.

En la sociedad actual el emplear robots, autómatas y equipo electrónico complejo produce empleo. Los dispositivos requieren mantenimiento y mejoras, por lo que estas labores generan empleos, aunque, claro está, para personal y técnicos especializados. Además, la dinámica tecnológica del fin de siglo es tan rápida que continuamente se diseñan dispositivos que sustituyen a los equipos obsoletos, lo cual se logra gracias a un gran número de técnicos especializados de alto nivel en el mundo entero. Una prueba de esto es el logro alcanzado al remplazar el disco de acetato por el compacto en los equipos de alta fidelidad.

## AUTOMATIZACIÓN EN MÉXICO

Los cambios y efectos arriba mencionados son particularmente difíciles en los países como México, donde por un lado no se tiene la infraestructura necesaria para que gran parte de la población sea capacitada con la velocidad deseada, y por otro los mercados internacionales exigen productos competitivos que no pueden lograrse sin los autómatas. Esto ha llevado a que la

industria prácticamente importe todos los instrumentos (sensores, actuadores) y sistemas de control. Es más, en algunos casos hasta la propia planta es importada. Tal es el caso de la planta nucleoelectrica de Laguna Verde, los sistemas automáticos de bancos, el Sistema de Transporte Colectivo Metro, las cementeras, los reactores biológicos empleados en la industria farmacéutica, la industria petroquímica, el sistema de control para el tráfico en los aeropuertos, etcétera.

Como consecuencia, los ingenieros mexicanos se concentran en ajustar los equipos a las condiciones de operación requeridas por el producto, en invertir buena parte del tiempo en la labor de mantenimiento y, peor aún, en las labores de venta de sistemas de control de compañías transnacionales estadounidenses y europeas.

Debido a la falta de personal capacitado, un buen ingeniero con conocimientos generales de automatización se puede colocar fácilmente en una buena posición en la industria. Cabe destacar que pocas industrias tienen departamentos de desarrollo e investigación, lo que hace que un ingeniero que trabaja en la industria, después de pocos años de haber terminado su carrera muchas veces desconozca las innovaciones, quedando marginados a las tareas de rutinas. Más aún, en muchos casos los equipos son subempleados, ya que no existe personal calificado que pueda aprovecharlos completamente.

Por el contrario, los ingenieros en los centros académicos conocen, dominan y se sienten identificados con los trabajos de vanguardia a nivel mundial, pero tienen poco acceso a los procesos industriales; son muy pocos los casos en los que el industrial acude a centros de investigación nacionales.

Esta situación trae como consecuencia el divorcio de los ingenieros industriales y académicos en el área de la automatización. Falta entonces, por parte de ambos grupos, hacer un esfuerzo para proponer metas de interés común para México.

Nuevamente, el hecho de no contar con cuadros suficientes de ingenieros de control en sus diferentes especialidades, instrumentación, sistemas de computación, autómatas y robótica, procesos y teoría de control, hace difícil el fortalecimiento del área a corto plazo.

Viendo hacia el futuro se identifica, como área de aplicación en nuestro país con gran auge, una mecanización integrada en las líneas de producción. En este caso se vislumbra la posibilidad de ejecutar óptimamente las funciones de control con un rango amplio de componentes en los procesos de manufactura. Este tipo de mecanismos van desde controladores secuenciales y máquinas-herramienta simples, hasta esquemas complejos

como las celdas de manufactura flexible en donde se automatiza una planta con cientos de autómatas y robots.

## CONCLUSIONES

Del breve análisis arriba presentado se desprende que la automatización es la única alternativa viable para mejorar la producción, hacer un uso moderado de las materias primas y mejorar el medio ambiente. Además, la gran velocidad innovadora de la automatización implica, para tener éxito profesional, una capacitación continua durante toda la vida profesional del ingeniero. Es por lo tanto importante que las nuevas generaciones de ingenieros tengan conocimientos básicos sólidos de ciencias naturales e ingeniería, ya que en la actualidad los conocimientos especializados en el campo de trabajo pueden quedar obsoletos en pocos años.

Se pronostica que los equipos y sistemas de automatización seguirán mejorándose continuamente; aumentará, por ejemplo, la velocidad del procesamiento de la información, la funcionalidad y la calidad. También la influencia de nuevos campos de trabajo científico, como son la inteligencia artificial y las redes neuronales, ayudarán a mejorar los autómatas. En este contexto, se habla de intervalos de innovación de tres y cinco años para determinadas técnicas.

Un punto en el que aún falta mucho por hacer es la simplificación en el manejo de los sistemas automatizados pese al aumento de la complejidad y la cada vez mayor envergadura técnica, de tal manera que siga siendo aceptado por el usuario, que si bien tiene una orientación tecnológica no es un especialista en informática. Debe continuarse con el desarrollo de la interfase operador-máquina para que sean de fácil manejo los sistemas, ya que en última instancia es el usuario quien da la aceptación de un producto.

Un factor central de todos los sistemas de automatización es el proyecto de los mismos, es decir, la ingeniería que se requiere en sí. En este ámbito, los métodos, las herramientas y los programas de usuario existentes (de gran valor) deben mantenerse a través de los ciclos innovadores. No es posible renunciar cada tres o cinco años a todo el conjunto de recursos acumulados de software. Por consiguiente, la compatibilidad es un tema importante en la filosofía de desarrollo de la automatización, puesto que siempre hay que decidirse entre la ruptura total y la evolución continua de un campo en particular.

Por otro lado, los desarrollos que en la actualidad aún pertenecen al futuro, como es la computadora óptica, afectarán en algún momento a la automatización. Sin duda los equipos de visualización en los cuartos de control de los procesos industriales aprovecharán los progresos técnicos, como son la televisión de alta definición y las pantallas planas. De esta forma, como ha pasado siempre, los progresos en numerosas disciplinas científicas contribuirán también al avance y la evolución de la automatización, abriéndole nuevas e interesantes aplicaciones.

## IMPACTOS PREVISIBLES DE LAS EXPORTACIONES INDUSTRIALES FRENTE A LA TERCERA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

**Delia M. Vergara Reyes**

### ASPECTOS GENERALES

Después de la prolongada prosperidad experimentada por la economía mundial en el periodo de la posguerra, se empieza a experimentar una fase de desaceleración e inestabilidad. Luego de las perturbaciones producidas por las alzas súbitas de los precios del petróleo y los consiguientes cambios en la política económica de los países industrializados, se manifiestan en la economía mundial desequilibrios de extraordinaria cuantía y persistencia, como son: los déficit comercial y fiscal de Estados Unidos, los desequilibrios externos entre los países desarrollados, el mantenimiento de elevados niveles de desempleo, la situación internacional de endeudamiento y la volatilidad de los mercados financieros y cambiarios. Es así como el gran dinamismo de las economías de los países industrializados empezó a detenerse y a evidenciar que la fase de expansión había terminado.

En los años setenta las economías de estos países experimentaban la pérdida de competitividad de las ramas industriales maduras frente a los productos manufacturados provenientes de los “nuevos países industrializados” (NPIS) como Corea del Sur, Taiwan, etc., lo cual motivó a los países desarrollados a realizar importantes procesos de modernización tecnológica así como el reacomodamiento en sus estructuras industriales, con el objeto de proporcionarles mayor competitividad y eficiencia, por medio de la aplicación de innovaciones tecnológicas.

En las condiciones modernas las innovaciones son controladas por las grandes empresas que actúan en la industria en donde se pueden aplicar, o bien en aquellas ramas con tecnologías afines. Las innovaciones presuponen amplios y organizados trabajos de investigación, además de una gran inversión inicial y una considerable cantidad de técnicos y operarios especializados. Las grandes empresas pueden financiar con cargo a sus recursos las innovaciones en su totalidad o por lo menos en gran medida, dependiendo de su interés.

Es en este contexto en donde tiene lugar la tercera revolución industrial o tecnológica, en la cual la ciencia se industrializa estableciendo un verdadero capital intelectual, los servicios se capitalizan y se lleva a cabo un desarrollo en la infraestructura que permite la circulación nacional e internacional de servicios. En consecuencia, un aspecto fundamental en esta etapa es la fusión de la investigación básica y la aplicada en centros de desarrollo tecnológico, y la labor ingenieril en el nivel de la planta industrial.

Se le denomina investigación básica al trabajo experimental o teórico llevado a cabo principalmente con la finalidad de adquirir nuevos conocimientos sobre fundamentos de los fenómenos y hechos observables, sin tener presente ninguna aplicación práctica determinada o específica. Y la investigación aplicada es el trabajo creativo y sistemático emprendido con el fin de obtener nuevos conocimientos científicos, que está dirigida hacia un objetivo o finalidad práctica específico. La investigación aplicada se realiza para determinar posibles usos de los resultados de la investigación básica o para determinar métodos o nuevas formas de alcanzar algún objetivo específico y predeterminado.

Puede considerarse que es en esta tercera revolución industrial en donde quedan incorporados al proceso de desarrollo tecnológico-industrial los científicos e investigadores del nivel básico, dando lugar a la formación de un verdadero "capital intelectual", resultado de la actividad de investigación y desarrollo, lo cual constituye uno de los aspectos más estratégicos en la dotación de un "medio de producción" inmaterial al trabajo humano.

El conocimiento resultante de esa actividad debe considerarse como una verdadera inversión cuya aplicación se extiende a lo largo de muchos procesos productivos cuando son realizados en las empresas. Su producción, su amortización, su obsolescencia y sus riesgos son objeto de cálculo económico de rentabilidad de una inversión. Esta inversión está destinada a generar cambios en los procesos productivos, en los productos, en el desarrollo de nuevos bienes y servicios y en la organización de la producción. La dotación de conocimiento al proceso productivo implica una etapa aún más avanzada en el proceso de sustitución del trabajo humano.<sup>1</sup>

Es en las empresas, sobre todo en las manufactureras de los países

<sup>1</sup> Minian, Isaac. "Cambio estructural en las economías avanzadas: temas para el debate sobre estrategias de desarrollo", en *Cambio estructural y producción de ventajas comparativas*, México, CIDE, 1988, p. 19.

industrializados, en donde se concentra la formación de "capital intelectual". Estas empresas se encuentran integradas a una red de instituciones creadoras de conocimiento, con marcadas diferencias entre países, que está compuesta por institutos de investigación públicos y privados, universidades y organismos de educación superior, así como por otros organismos vinculados a los aparatos militares nacionales.

Durante el periodo 1945-1970 tuvieron lugar los más grandes descubrimientos que han hecho posible desde el punto de vista tecnológico productivo a la tercera revolución industrial; y es a partir de los años setenta cuando se empiezan a difundir los avances en estos campos y a sentir su impacto en todas las actividades económicas, principalmente en las industriales.

Las áreas que se desarrollan en ésta son: 1] instrumentos avanzados para estudiar, explorar y conocer la materia; 2] nuevos materiales; 3] medios auxiliares y aparatos de computación, almacenamiento, manejo de la información y procesamiento lógico; 4] medios de comunicación; 5] máquinas para la automatización; 6] medios de transporte, y 7] biología molecular.

#### ALGUNOS EFECTOS DE LA TERCERA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL EN LA ECONOMÍA MEXICANA

En el contexto económico mundial de estancamiento con inflación, de crisis energética y de pagos internacionales, donde los países desarrollados obtienen tasas de crecimiento de su producción por abajo de su tendencia histórica, comienza la tercera revolución industrial.

A partir de la segunda mitad de la década de los setenta los países desarrollados, importadores netos de petróleo, dirigieron sus esfuerzos tecnológicos hacia el desarrollo de fuentes alternativas proveedoras de energía así como a la obtención de métodos de producción que se caracterizan por ahorrar energía, principalmente petróleo.

En esta revolución, nuestro país se encuentra en una situación difícil debido a la función histórica que ha desempeñado en la economía mundial como exportador de materias primas y además por el modelo de industrialización, el cual ha dependido del desarrollo de la ciencia y la tecnología generada en los países altamente industrializados.

En ese proceso industrial se propició el crecimiento en las ramas productoras de bienes de consumo duradero y no se impulsaron las ramas de larga maduración, de alto riesgo y de menor retabilidad, pero que son



las que determinan en el largo plazo las posibilidades de crecimiento de una economía.

Con el auge petrolero de mediados de la década de los setenta se tuvo la posibilidad de superar algunos de estos problemas canalizando los recursos necesarios para tal efecto. Los desequilibrios externos se vieron agudizados debido a las altas tasas de crecimiento del sector manufacturero, en el cual el comportamiento del coeficiente importado fue bastante considerable. Durante el periodo de auge petrolero el déficit en cuenta corriente alcanzó sus máximos históricos, ya que la infraestructura económica resultó insuficiente y la desarticulación intersectorial se hizo más profunda.

A pesar de los recursos provenientes del auge petrolero y del endeudamiento externo, no se dio en el periodo de crecimiento económico (1978-1981) la reestructuración y modernización del aparato productivo nacional para modificar la inserción del país en el comercio internacional, y para alcanzar una dinámica autosostenida y menos vulnerable del exterior. Más bien, se acentuaron los desequilibrios productivos, manifiestos en bajos niveles de productividad, altos coeficientes de importación y bajos de exportación no petrolera.<sup>2</sup>

Como consecuencia de la recesión generalizada de la economía mundial, la contracción del comercio internacional, el alza en las tasas de interés y la caída del precio y la demanda del petróleo precipitan la crisis en la economía mexicana, la cual se manifestó en la imprevista suspensión del crecimiento económico, acompañada de una elevada inflación y de déficit externo y público de proporciones sin precedente.

Entre las causas macroeconómicas de la crisis, el crecimiento acelerado de la demanda agregada condujo a que la infraestructura económica resultara insuficiente para satisfacer los requerimientos derivados de la demanda global y del propio sector industrial. Asimismo, la política cambiaria que estableció un tipo de cambio fijo independiente de las diferencias inflacionarias respecto al exterior implicó la sobrevaluación del peso y agudizó los problemas de la balanza.

El desequilibrio entre el sector industrial y el comercio exterior derivado de la escasa integración de la industria, su desarticulación con otros sectores económicos y de su limitada competitividad externa, es la principal deficiencia de la

<sup>2</sup> Villarreal, René. *México 2010. De la industrialización tardía a la reestructuración industrial*, México. Diana, 1988, p. 91.

estructura industrial en la cual, pese a haber estado presente a lo largo de todo el proceso de industrialización, se fue agudizando en la última década hasta llegar a su nivel más crítico en 1982.<sup>3</sup>

Este desequilibrio estructural fundamental también es producto de la concepción parcial de la estrategia industrial, así como de la aplicación inadecuada de las políticas de protección, fomento y regulación de la industria. Además, la sustitución indiscriminada de importaciones resultó incompleta porque no contempló la necesidad de lograr la articulación de la planta productiva, lo que propició dejar vacíos importantes en las cadenas productivas y derivó en la desvinculación en la industria y en los distintos sectores económicos.

La economía nacional ha tenido otras deficiencias estructurales, dentro de las que destaca el carácter dependiente e insuficiente del desarrollo tecnológico incorporado al proceso de crecimiento. El aparato productivo mexicano no ha sido capaz de producir una dinámica tecnológica propia, donde la expansión de los esfuerzos en investigación y desarrollo se dé en función de las necesidades de la planta productiva, la cual debe ser la generadora de la innovación tecnológica para la producción.

Es en este contexto interno de crisis y en un proceso externo de revolución científica y tecnológica donde México decidió iniciar su proceso de reestructuración industrial. Este proceso es impulsado por el Estado, el cual no abandona por completo el carácter anterior de Estado benefactor, ya que reduce su participación cuantitativa en la actividad económica y se limita a controlar a las industrias consideradas como estratégicas y prioritarias. En el Programa Nacional de Fomento Industrial y Comercio Exterior (Pronafice 1984-1988), se precisan en detalle las medidas necesarias para conseguir un cambio estructural en el aparato productivo por medio de la estimulación de las exportaciones, así como de la sustitución eficiente y selectiva de las importaciones. El paso decisivo en este sentido tuvo lugar en 1985, a través del proceso de apertura de la economía mexicana, vía incorporación de México al GATT.

El periodo de transición tecnológica que viven los países desarrollados permitirá una nueva estructura productiva a escala internacional, frente a la cual la industria nacional podría quedar totalmente obsoleta y desarticulada de no llevar a cabo un acelerado proceso de transformación.

<sup>3</sup> Villarreal, René. "Hacia el cambio estructural en la industria y el comercio exterior de México", en *Industrias nuevas y estrategias de desarrollo en América Latina*, México, CIDE, 1986, p. 236.

La revolución tecnológica no se presenta de manera uniforme en todas las ramas productivas; su impacto y carácter no será igual en las ramas industriales en las que el país ha logrado un importante avance en eficiencia, competitividad y de escala de producción, como es el caso de la petroquímica, la industria del vidrio y la cementera, que en aquellas ramas industriales maduras donde no se alcanzan los niveles de productividad, modernidad y competitividad, como es el caso de la siderurgia, la textil o los bienes de capital. Tampoco será igual en aquellas ramas emergentes como la biotecnología, las telecomunicaciones, los semiconductores o la robotización, en las que el grado de avance es menor que el registrado en los países desarrollados.

De esta manera, resulta imprescindible que la economía mexicana se transforme para que sus productos puedan ser competitivos en el mercado internacional, ya que se enfrentarán a productos con un alto contenido tecnológico. Esto representa un verdadero reto a vencer, pues en vísperas de la firma del Tratado de Libre Comercio México apenas logra cubrir el 10% de sus necesidades tecnológicas mediante desarrollo propio, y el 90% restante lo cubre con tecnología externa, lo cual coloca al país en una situación muy vulnerable, ya que el desarrollo de la ciencia y la tecnología son elementos imprescindibles para enfrentar el desafío de la globalización.

## EL TIEMPO HISTÓRICO

Gloria Villegas Moreno

### I

La cultura occidental ha llegado a su estación histórica. La Época Moderna concluye; el término es equívoco, pues la modernidad está referida a una época histórica, al mismo tiempo que al estado actual y futuro de la sociedad.

Lo cierto es que al final del milenio se esboza un mundo distinto. La ubicación del tiempo actual en el cruce de dos tiempos es un privilegio para el observador que vive el gozo y la angustia del tránsito. Nuestro tiempo intuye ya la significación del momento histórico, aunque la transformación se percibió tiempo atrás:

“Por virtud de la extensión y las transformaciones que en ella ha experimentado toda la vida humana recae sobre nuestra época la significación más decisiva”, afirmó el filósofo Karl Jaspers hace exactamente 40 años. Ya se anunciaban también la literatura “procronista” de los años treinta o la “ciencia ficción” de los sesenta, que si tienen algún denominador común es la certeza de que la técnica que permitirá al hombre inimaginables grados de perfección terminará por deshumanizarlo. Sin embargo, en todas estas prospecciones siempre se conserva un rayo de esperanza: la convicción de que el ser humano encontrará las formas de preservar los valores de la cultura humanística.

Pero ¿qué es lo que concluye y lo que se inicia?

El transcurrir de la historia suele dividirse en épocas, ciclos, o etapas. La periodización responde a una necesidad humana: ubicarse en la inmensidad de los tiempos.

La tradición de establecer cortes cronológicos —independientemente del sentido que se les otorgue y de los matices que entrañe— siempre depende del atributo que se le dé al momento actual. Así, un presente como el de los tiempos renacentistas hizo una lectura tal del pasado, que encontró varios siglos atrás sus orígenes; o la época del racionalismo ilustrado, que se definió como el tiempo de las luces y consideró “tiempos de sombras” aquellos en los que la razón no era el principio rector.

Esta exigencia humana de ubicarse en el tiempo tiene hoy sus peculia-

ridades, que se expresan de manera elocuente en un hecho de apariencia fortuita: la imprecisión y vaguedad con las que se alude al tiempo presente. Indistintamente, para aludirle se le llama “modernidad”, “contemporaneidad” o “posmodernidad”. No es un problema de nominalismo, pues en tanto las palabras obedecen a connotaciones profundas y son el vehículo para apropiarse conceptualmente de los objetos o de las ideas, su laxitud y la ausencia de una nomenclatura definida para referirse al presente denotan la dificultad que entraña aprehender en un solo término la naturaleza polisémica de la realidad. Ello podría aplicarse a cualquier época, aunque hoy existe una conciencia clara de que la realidad no puede ser percibida en forma simplificada o unilineal.

La etapa cuyo fin percibimos, en un sentido muy amplio, tiene sus orígenes en aquella fase de la historia del hombre que Erick Kahler llamó la “secularización del mundo” y que se ubica históricamente en el periodo renacentista, y cuya expresión más acabada es el mundo actual, después de haber recorrido las formas del racionalismo, exacerbando la especialización del conocimiento y el desarrollo tecnológico, que vivió un momento culminante en el inicio de este siglo, lo que condujo a la atomización de las disciplinas científicas y humanísticas con todas sus ramificaciones, y ha generado efectos sin precedente en la historia de la humanidad. Entre éstos, cabe destacar una de las notas esenciales de esta época: la tendencia, cada vez más evidente, a la *reunificación* del conocimiento.

Es decir, la parcelación cognoscitiva, que tuvo su razón y su tiempo históricos, hoy resulta inoperante, en la medida en que el hombre es entendido como un todo integral e indivisible. Así, sin omitir las especificidades, las parcelas tradicionales de las ciencias, las humanidades, las artes y las técnicas, buscan ámbitos de diálogo que permitan la confluencia de las distintas percepciones del saber.

La reintegración cognoscitiva, por otra parte, está asociada a un sentido nuevo de la universalidad, que además remite al replanteamiento del “tiempo histórico”, en función no sólo del pasado, sino del futuro que se vislumbra.

En las distintas épocas históricas la universalidad ha tenido connotaciones diversas. Fue universal, en su momento, la guerra del Peloponeso, reconstruida magistralmente por Tucídides; fue universal también la propuesta de Bossuet o el recuento de las costumbres elaborado por Voltaire.

La universalidad que hoy se boceta tiene entre otras características la polisemia. Y si algún concepto pudiese servir para intentar su definición sería el de concebirla como una universalidad porística, ya que está preña-

da de los más variados caminos en todos los órdenes del acontecer humano. Es decir, si alguna definición admite el tiempo presente, es el de las múltiples posibilidades que entraña potencialmente.

Por lo que se refiere a la organización de las sociedades en su sentido más lato, hoy advertimos que concluye la fase histórica que se inició hacia finales de la Edad Media, con el surgimiento de las naciones, concebidas como entidades políticas diferenciadas que buscaban su definición autónoma. Y hoy, después de aquella individualización y de las confrontaciones entre los bloques de poder generados en las diferentes fases históricas, se perfila una nueva noción de universalidad, que replantea los términos de la relación entre las antiguas entidades.

Hace algunos años era dable que el hombre sólo se asombrara ante las transformaciones de su universo social; ahora, se ve impelido a diseñar nuevos marcos conceptuales para una realidad inédita.

Es posible afirmar que la caducidad de algunos conceptos tradicionales exige sucedáneos teóricos y metodológicos de acuerdo con nuestro tiempo histórico. Proponemos aquí, en concordancia con lo expuesto, el de la *universalidad porística*. Éste, articulado con el del *conocimiento reunificado*, pretende recoger dos de las características más notables del mundo actual.

## II

A la vez que se observa el ritmo de los tiempos que involucran a la humanidad, es pertinente mirar el entorno cercano.

Desde que México se organizó como nación hace 170 años, su transcurrir histórico siempre fue alentado por el propósito de acercarse a la “modernidad”. El recuento de los proyectos emprendidos para alcanzarla —al parecer siempre quebrantados— arroja un saldo negativo, de lo que podría inferirse que nunca ha logrado ponerse “a tono con los tiempos”. En esta certeza se han fincado las sentencias dictadas para juzgarlo como país atrasado, subdesarrollado, dependiente o tercermundista.

Los senderos recorridos no parecen haber sido suficiente; ni el resultado parece corresponder al esfuerzo.

Así, las rutas delineadas en los documentos constitucionales de 1824, 1857 y 1917 no condujeron al país a la tierra prometida de una organización política ejemplar; algo semejante ha ocurrido en el orden social con la propuesta educativa condensada en la noción de las “revoluciones mentales” formulada por José María Luis Mora en el siglo XIX, con la

que se articuló en 1910 para lograr el tránsito de México hacia la vida democrática, con la que presentó la Convención Revolucionaria para replantear las relaciones sociales, con la educación socialista de los tiempos cardenistas y con las insurgencias civiles de 1968 o 1988.

Hoy parece que otra vez México está a la zaga y se considera prácticamente imposible que logre alcanzar el avance científico y tecnológico de otras naciones; en consecuencia, y en la medida en que la transformación económica en términos de la planeación mundial es la condición esencial de la noción contemporánea de "modernidad", se vislumbra un futuro doloroso para que el país pueda tener acceso a aquélla.

Sin embargo, cabría reflexionar si es permisible o inevitable para México subordinar nuevamente la dinámica de su desarrollo interno a un modelo impuesto. O si a la vista de esta universalidad porística puede y debe diseñar su propio proyecto de nación, atendiendo más a sus características propias que al espejismo de una modernidad nunca cumplida.

## EL CONACYT Y LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA EN MÉXICO

**Miguel José Yacamán**

El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) es por decreto el encargado de promover el desarrollo científico y tecnológico en el país. Por lo tanto, muchas de sus acciones definen el rumbo fundamental que el Estado mexicano da a la investigación científica. En el presente trabajo haremos un esbozo de las nuevas políticas de Conacyt implantadas a partir de enero de 1991, así como de su concordancia con políticas de la Secretaría de Educación Pública y otros sectores del gobierno federal que pueden dar un panorama general del rumbo que está tomando la ciencia en el país.

El nuevo Conacyt está fundado sobre un principio fundamental: la investigación que es científica debe ser juzgada por criterios de la más alta calidad y competitividad internacional. En tanto se trata de un conocimiento universal cuya difusión es abierta y contribuye al desarrollo del conocimiento, sus normas de evaluación no pueden ser otras que las mismas que se utilizan para la ciencia en general en el mundo. Independientemente de la división entre ciencia básica y ciencia aplicada, ambas deben evaluarse con los mismos criterios. Las publicaciones científicas del investigador y el prestigio que tenga entre sus colegas serán los principales indicadores de la excelencia académica. Por lo tanto, ningún sistema de evaluación estará desvinculado de la opinión de los pares y de los resultados que el investigador exponga ante la comunidad.

Por otro lado, la investigación tecnológica para considerarse como tal y tener validez debe estar directamente relacionada con el aparato productivo. Investigaciones supuestamente aplicadas que no estén conectadas al aparato productivo deben considerarse como investigación científica básica, y por lo tanto medirse con los criterios anteriores. Todo lo anterior se puede resumir en dos principios generales: El nuevo Conacyt solamente apoyará la investigación científica de excelencia, la cual lleve directamente a la publicación de resultados que contribuyan al conocimiento universal. En el caso de la investigación tecnológica, el vínculo con la industria representará el criterio fundamental de evaluación. Al igual que los pares académicos, los industriales representan un filtro pa-



ra evitar que conceptos desconectados del aparato productivo puedan ser considerados como tecnológicos.

Por otro lado, es obvio que durante la década de los ochenta el sistema científico mexicano envejeció notablemente. Si bien en números totales se mantuvo aproximadamente constante, el número de investigadores jóvenes incorporados apenas logró sustituir el número de los que salían. Durante esta década el aparato científico mexicano sufrió un gran reajuste. El investigador aprendió a trabajar en condiciones de precariedad, la productividad se midió en términos mucho más efectivos y se logró definir alguna base sólida de investigación dentro del país, aunque mantenida en condiciones de gran escasez.

Por otro lado, se desarrolló como un *modus vivendi* para obtener fondos la creación de posgrados. Durante la mitad de los setenta y la década de los ochenta el número de posgrados en el país aumentó en forma explosiva, situación que resulta muy curiosa si tenemos en cuenta que el número de investigadores permaneció aproximadamente constante. Esto dio como resultado un debilitamiento general en la estructura del posgrado del país que es el instrumento básico para formar nuevos investigadores. El Conacyt considera que en este momento es necesario replantear la política de formación de personal de alto nivel. En primer lugar, es indispensable reconocer que el investigador solamente puede ser formado por otros investigadores y que es totalmente falso que alguien pueda obtener un grado cuando quienes le enseñan no han pasado por un posgrado. Por otro lado, es necesario seleccionar en el país aquellos posgrados que han alcanzado la excelencia a un nivel de competitividad internacional y apoyarlos para que sean el pivote de formación de nuevos cuadros. En tal sentido el Conacyt ha convocado a la integración de un Padrón de Instituciones de Excelencia, con un porcentaje de rechazo muy alto. Sólo los estudiantes aceptados en dichas instituciones tendrán derecho a ser becarios del Conacyt. Esto sin duda es el primer paso para revertir la tendencia negativa en el posgrado.

Asimismo, las acciones del Conacyt se realizan en forma coordinada con la Secretaría de Educación Pública para la evaluación del posgrado nacional. De este ejercicio global deberá redefinirse la necesidad de fortalecer algunos posgrados o definitivamente cerrarlos. Al mismo tiempo, es necesario dar impulso a los investigadores activos proporcionándoles elementos suficientes para que puedan aumentar el programa de posgrado. El Conacyt piensa apoyar vigorosamente los posgrados de excelencia, no sólo a través de sus programas de becas, sino por medio de su programa de Fortalecimiento al Posgrado Nacional.

Se debe reconocer que muchas industrias mexicanas empiezan a requerir cuadros formados al más alto nivel; este tipo de formación se impulsará mediante los programas de Enlace Academia-Industria elaborados por el Conacyt con el fin de propiciar la interacción entre las universidades y el sector productivo. En otro paso fundamental consideramos que es incorrecto establecer áreas prioritarias para la investigación; es decir, hacer la declaratoria pública de que se apoyará en forma preferente a la investigación en el área X, Y o Z. Esta política generó grandes distorsiones en el pasado y está causando importantes problemáticas en los países en los que se ha aplicado. Es claro que sin duda existen tópicos importantes para la ciencia moderna, como son nuevos materiales, biotecnología, comunicaciones, etc., que aparecen en los programas de trabajo de los organismos de financiamiento internacional, tales como el BID y que además han sido incorporados por muchas organizaciones nacionales de apoyo a la ciencia. Sin embargo, es inadecuado pensar que éstos deben tener una prioridad sobre cualquier otro tema. En última instancia la libertad es el componente más importante para un investigador. El que éste sea apoyado en la investigación que realiza es una de las tareas más importantes del Conacyt. Sentimos que el tamaño del aparato científico mexicano, pequeño de por sí, impide que se establezcan áreas prioritarias. En el caso de un país que cuenta con 100 000 o más investigadores, tal vez el pensar que el 10% de ellos se dedica a un tema no debilita la estructura científica en general; en el caso mexicano, establecer áreas prioritarias, tomando en cuenta la escasez de fondos en el pasado y las grandes necesidades que se afrontan hacia el futuro, desarticularía el sistema científico. Acabariamos siendo un gigante de piernas largas pero de cuerpo extremadamente pequeño. Unas piernas largas en un cuerpo bien proporcionado representan algo estético; el caso que describí, es simplemente una monstruosidad. En este momento el Conacyt apoyará el crecimiento armónico de todas las partes del sistema científico y de todos los temas de la ciencia moderna. En última instancia, en la mayoría de los casos el investigador siente una gran tendencia a trabajar en temas de interés general, es decir aquellos tópicos que en el momento son considerados más importantes por la propia comunidad científica. En ese sentido existe un proceso natural de filtraje de los temas de investigación. En la política a implantar, el Conacyt brindará sus apoyos de acuerdo con la calidad con la que se realiza un tema y no por el tema en sí.

Finalmente mencionaré que la asignación de fondos de apoyo a la investigación será hecha por la propia comunidad científica a través de los comités de evaluación que ésta integre. Considerando además que los co-

mités tendrán que juzgar con base en arbitrajes realizados por investigadores de reconocido prestigio tanto en México como en el extranjero. Los arbitrajes permitirán establecer un elemento de juicio que impedirá que los comités actúen en forma arbitraria. Este mecanismo ha funcionado en todo el mundo y debe funcionar integralmente en México. Así pues, quienes decidirán la asignación de fondos no serán los directivos de Conacyt sino la propia comunidad científica. Esto representa una visión totalmente diferente del Consejo, que permita cumplir con su función de distribuir los fondos públicos en acciones que lleven al beneficio público y a la generación de bienes públicos, en particular de la investigación científica y tecnológica. En el caso de la investigación científica, corresponde al Estado el financiamiento de ésta; en el caso de la investigación tecnológica, debido a las distorsiones que existen actualmente en el mercado de capitales de riesgo, corresponde al Conacyt presentar esquemas de cofinanciamiento con el sector privado. Esto desde luego es una política que deberá cambiar en el momento que el mercado de capitales se normalice. Asimismo, el Conacyt emprende la modernización de su estructura interna a través de una distribución de trabajo mejor racionalizado, de acuerdo con los estándares modernos de administración y mediante la reducción drástica del número de su personal de base. Si consideramos que la comunidad científica susceptible de obtener financiamiento por parte del Conacyt es aproximadamente del número de miembros del SNI (6 000 investigadores), el tener un aparato burocrático de aproximadamente un quinto del número de investigadores no se justifica. Desde luego las burocracias, a fin de preservar su propia existencia, crean trámites innecesarios que justifiquen su permanencia. Al modernizar la administración del Conacyt se reduce drásticamente la burocracia involucrada en el manejo de recursos. En última instancia, el objetivo administrativo es producir un Conacyt mucho más delgado y saludable que permita responder a las necesidades de crecimiento científico del país, mediante una estructura ágil, un mayor nivel de fondeo y una mejor asignación de los recursos.

## PALABRAS DE CLAUSURA DEL SIMPOSIO LA TERCERA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL EN MÉXICO

**Benito Rey Romay**

Este simposio, de carácter multidisciplinario, realizado con el concurso del Instituto de Investigaciones Económicas, del Instituto de Investigaciones Sociales, de la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales y del Instituto Iberoamericano de Estudios sobre la Ciencia y la Tecnología, A.C., tuvo como origen el planteamiento, por parte del Comité Organizador, de abordar la revolución tecnológica de nuestros tiempos en sus múltiples efectos y no como fenómeno solamente productivo. Partiendo de este acuerdo se consideró llevarlo a cabo por el camino multidisciplinario y, por tanto, interinstitucional.

En todas las sesiones de este evento se han vertido análisis y tesis sobre el desarrollo científico y tecnológico de México, se nos ha informado que carece de una infraestructura sólida para resolver satisfactoriamente sus necesidades en estas materias, y se ha concluido, también, que la UNAM es la institución más importante en cuanto a investigación en ciencia básica. Se han tocado, por otra parte, temas relativos a la formación de los recursos humanos, subrayando sobre todo la marcada deficiencia de estos recursos en el área tecnológica, concluyéndose que existe la necesidad de un proyecto nacional de investigación a nivel multidisciplinario que recoja diferentes enfoques para la solución de problemas específicos y que tome en cuenta, simultáneamente, las consecuencias sociales, políticas y económicas de la aplicación de tecnologías novedosas que tienden a dejar saldos negativos, así como residuos indeseables, a la ecología y a la salud.

Se han escuchado, además, en este concurrido simposio, diferentes puntos de vista y comentarios muy precisos sobre estos problemas, tanto de académicos de esta Universidad como de fuera de ella, y de parte de directivos de la Confederación Patronal de la República Mexicana, de la Confederación de Cámaras Industriales y de funcionarios públicos de la Secretaría de Educación Pública, de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología y de la Secretaría de Salud, así como planteamientos programáticos en cuanto a investigación científica y tecnológica por parte de los funcionarios responsables

del Conacyt. Todo esto, no hay duda, nos ha enriquecido en cuanto a información y estimula nuestras reflexiones.

Sin embargo, aun con la amplitud y la profundidad con la que se analizaron los diferentes capítulos del programa, el tema general queda todavía como tarea futura. El simposio es sólo un importante estímulo para intercambiar opiniones y experiencias de humanistas, sociólogos, economistas, científicos y tecnólogos ante una situación que sólo podrá comprenderse cabalmente mediante un mayor ejercicio multidisciplinario. Tal vez el mejor fruto de este evento sea el haber destacado la necesidad de establecer esta intercomunicación en forma más amplia. Así pues, debemos posibilitar más frecuentes reuniones sobre esta temática tan fundamental para el país e interesante para los académicos. A todos ustedes y a los que contribuyeron y en este momento no están aquí, muchas gracias por haber aceptado nuestra invitación.

## DE LOS AUTORES

*Mtro. Luis Agustín Álvarez-Icaza Longoria.* Es ingeniero y maestro por la Facultad de Ingeniería de la UNAM. Actualmente es investigador en la Coordinación de Automatización del Instituto de Ingeniería y profesor en la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la UNAM. Su área de trabajo se ubica en control automático, con énfasis en desarrollo de sistemas distribuidos basados en dispositivos digitales. Ha colaborado en el desarrollo de prototipos de sistemas automáticos y es autor de varios artículos técnicos. Perteneció al Sistema Nacional de Investigadores.

*Dra. Rocío Amador B.* Obtuvo su licenciatura, maestría y doctorado en Ciencias de la Comunicación en la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales de la UNAM. Es profesora del posgrado en Ciencias de la Comunicación en la FCPYS. Actualmente es investigadora en el Centro de Investigación y Servicios Educativos (CISE) de la UNAM.

*Lic Arturo Bonilla Sánchez.* Realizó estudios de Economía en la UNAM y obtuvo posgrados en la hoy Universidad Autónoma de Chapingo y en Manchester, Inglaterra. Ha sido director del Instituto de Investigaciones Económicas; catedrático en las facultades de Economía y Ciencias Políticas y Sociales de la UNAM. Tiene numerosas publicaciones sobre economía de la energía, economía agrícola y otros temas.

*Ing. Estelio Baltazar Cadena.* Es ingeniero químico industrial por el IPN. Entre los puestos que ha desempeñado figura el de director de la Escuela Superior de Ingeniería Química Industrial de la SEP. Actualmente es director general de Centros de Capacitación de la SEP.

*Dr. Julio M. Cacho Salazar.* Médico internista por la UNAM se especializó en terapia intensiva en el Hospital General de Boston, Massachusetts; estudió Biología Molecular en el Instituto Pasteur, de París. Además es licenciado en Economía y maestro en Administración por la UNAM; obtuvo el doctorado en Economía en la Universidad de París. Actualmente es director técnico de Normatividad en la Secretaría de Salud. Ha publicado, entre otros títulos, *Economía de la salud*.

*Dr. Miguel Ángel Campos.* Obtuvo la licenciatura en Pedagogía de la UNAM; maestría en Ciencias en la Chicago State University; doctorado en Pedagogía en la UNAM. Es investigador del Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas. Investigador nacional del SNI. Es autor de *Problemática Sociocultural de la Ciencia; Research Productivity as a Factor in Science and Technologic Policy-Making in Mexico*, además de *Organization and Sociology of Research*.

*Dr. Carlos Casas-Campillo.* Profesor titular en el Cinvestav. Egresado de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del IPN, ha publicado más de 100 trabajos basados en investigaciones sobre fijación de nitrógeno y su aplicación a la producción de inoculantes bacterianos para leguminosas. Es autor de 30 patentes nacionales y extranjeras. Ha recibido distinciones nacionales y extranjeras.

*Dr. Martín Celaya Barragán.* Es doctor en Ciencias por el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, donde, entre otras actividades, ha sido profesor de posgrado e investigador desde 1975 y en el cual fue director de la División de Física Aplicada. Es investigador nacional desde 1986. Actualmente es director adjunto de Modernización Tecnológica del Conacyt.

*C.P. Jesús Cevallos Gómez.* Es contador público por la UNAM. Además de su desempeño como hombre de negocios desde hace más de 25 años, ha sido representante de grupos de empresarios e industriales a nivel nacional y regional. Entre otros cargos ha sido consejero de la Cámara de Comercio de Mazatlán y de la Cámara Nacional de la Industria Pesquera, y presidente de la Cámara Nacional de la Industria de Conservas Alimenticias. Actualmente es presidente de la Confederación de Cámaras Industriales (Concamin).

*Dr. Leonel Corona Treviño.* Es profesor titular en la División de Estudios de Posgrado en la Facultad de Economía de la UNAM. Además es coordinador del Seminario de Economía Política de la Ciencia y la Tecnología. Es autor de varios trabajos relacionados con problemas que surgen de la interacción de la ciencia, la tecnología y la sociedad.

*Lic. Adrián Chavero González.* Estudió Economía en la entonces Escuela Nacional de Economía-UNAM. Ha publicado varios trabajos sobre el tema de la ciencia y la tecnología en México. Actualmente pertenece

al personal académico del Instituto de Investigaciones Económicas de la UNAM.

*Dr. Luis E. Gómez Sánchez.* Realizó sus estudios de licenciatura en Economía en el IPN, maestro en Sociología de la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales de la UNAM. Doctor en Historia Social por la Universidad de la Sorbona, París. Ha desarrollado investigaciones sobre la relación entre tecnología y sociedad, y la condición posmoderna y el análisis institucional. Es miembro del Centro de Análisis del Trabajo (CAT), del Comité Directivo de la revista *Trabajo* y de la Asociación Internacional de Sociología. Actualmente es consejero universitario.

*Mtra. Consuelo González Rodríguez.* Realizó estudios de Sociología y obtuvo su maestría en Estudios Latinoamericanos. Actualmente se encuentra elaborando su tesis de doctorado en Economía. Sus estudios fueron realizados en la UNAM. Ha publicado varios trabajos sobre ciencia y tecnología en México y América Latina. Es profesora de la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Economía, en donde además se desempeña como secretaria académica.

*Lic. Gloria González Salazar.* Socióloga, egresada de la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales de la UNAM, donde inició su carrera académica en 1958. Ha publicado varios libros y artículos sobre las temáticas del empleo en México en el marco de la economía de los recursos humanos, además de aspectos económicos relacionados con urbanismo y planeación. Ha sido distinguida con el Premio Universidad Nacional en Investigación durante 1991. Actualmente es investigadora titular en el Instituto de Investigaciones Económicas de la UNAM.

*Ing. Diódoro Guerra Rodríguez.* Ingeniero en Comunicación y Electrónica, maestro en Ciencias Administrativas en la ESIME del Instituto Politécnico Nacional. Ha sido subdirector general de Educación Tecnológica, subdirector general de Delegaciones, delegado de la Secretaría de Educación Pública en el estado de Michoacán, coordinador de asesores del subsecretario de Gobernación, director general de la Comisión Nacional de Radiodifusión de la Secretaría de Gobernación. Actualmente es director general del Conalep.

*Ing. Héctor Larios Santillán.* Es ingeniero mecánico electricista por la UNAM, con estudios en el Instituto Panamericano de Alta Empresa. Entre otros



cargos ha sido socio y director de Construcciones y Servicios Industriales, S.A., socio y director de Águilas de Occidente y de Productos Químicos LGB, S.A. de C.V. Actualmente es presidente de la Confederación Patronal de la República Mexicana (Coparmex).

*Mtro. Carlos León Hinojosa.* Es maestro en Ciencias, con especialidad en Ingeniería Eléctrica y en Administración de Instituciones de Educación Superior. Entre otros cargos ha sido director adjunto de Planeación del Conacyt y coordinador ejecutivo de Planeación del Instituto Mexicano del Petróleo. Actualmente es rector de la Universidad Tecnológica de Nezahualcóyotl.

*Mtra. Virginia López Villegas.* Realizó estudios de Sociología; maestría en Ciencia Política y en Ciencias de la Comunicación en la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales de la UNAM. Autora de dos libros sobre centrales obreras en México; ha escrito varios artículos sobre temas de comunicación y lenguaje. Actualmente es profesora del Centro de Estudios de la Comunicación de la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales de la UNAM.

*Dr. Salvador Martínez Della Rocca.* Actualmente es investigador en el Instituto de Investigaciones Económicas de la UNAM. Antropólogo social de la Escuela Nacional de Antropología e Historia. Obtuvo la maestría en Sociología por la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (Flacso) y el doctorado en Sociología en la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales de la UNAM. Es autor de *Estado, educación y hegemonía en México*, *Estado y educación en México* y coautor de *UNAM: Espejo del mejor México posible*. Ha escrito varios artículos referentes a temas educativos.

*Fís. Imanol Ordorika Sacristán.* Académico en el Instituto de Investigaciones Económicas de la UNAM. Es licenciado en Física por la Facultad de Ciencias de la UNAM. Coautor de *UNAM: Espejo del mejor México posible* y autor de varios ensayos sobre educación superior en México y en particular sobre la UNAM. Organizador del Congreso Universitario en la UNAM y delegado a este evento en representación del personal académico del IIEC.

*Ing. Jaime Luis Padilla Aguilar.* Es ingeniero industrial por la Universidad Iberoamericana. Ha sido funcionario en las secretarías de Hacienda y Crédito Público, de Programación y Presupuesto y de Gobernación. De 1983 a la fecha es funcionario de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, en la cual, entre otros cargos, fue director del Servicio Nacional del Em-

pleo. Actualmente es director general de Capacitación y Productividad en dicha Secretaría.

*Lic. Benito Rey Romay.* Licenciado en Economía por la UNAM, ha obtenido diferentes especialidades. Se ha desempeñado como funcionario en el sector público y como ejecutivo en la empresa privada. Ha publicado sobre diversos temas de Economía, destacando lo relacionado con la Economía Industrial. Actualmente es Director del Instituto de Investigaciones Económicas de la UNAM.

*Dra. Dinah Rodríguez Chaurnet.* Egresada de la Facultad de Economía de la UNAM. Realizó estudios de maestría en la Universidad de París. Actualmente es candidato a doctor en la Facultad de Economía de la UNAM. Investigadora de tiempo completo del IIEC-UNAM. Autora de numerosos ensayos sobre la temática alimentaria y de *Problemática alimentaria y perspectiva biotecnológica* (en prensa). Miembro fundador del Seminario "Efectos Socioeconómicos de la Biotecnología, 1990-1991".

*Lic. Ma. Luisa Rodríguez-Sala.* Socióloga por la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales de la UNAM. Realizó estudios de posgrado en la Universidad "Alberto Magnus" de Alemania. Ha escrito varios libros y artículos relacionados con la ciencia y la tecnología en México. Perteneció al Sistema Nacional de Investigadores (SNI) y actualmente es investigadora del Instituto de Investigaciones Sociales de la UNAM.

*Dr. Juan José Saldaña.* Es historiador por la Facultad de Filosofía y Letras de la UNAM. Obtuvo doctorado sobre Historia de la Ciencia en la Sorbona de París. Ha sido fundador de diferentes sociedades para impulsar el estudio de la ciencia y la tecnología en México y América Latina. Actualmente es profesor titular en la Facultad de Filosofía y Letras de la UNAM y representante de México ante la Unesco para el Programa de Ciencia y Tecnología para América Latina.

*Lic. Argelia Salinas Ontiveros.* Investigadora en el IIEC, en el Área de Economía Agrícola. Es egresada de la Facultad de Economía de la UNAM. Ha sido profesora en la Facultad de Economía y técnico académico en el IIEC. Ha participado en diversos proyectos relacionados con los temas de la agroindustria, la biotecnología y la seguridad alimentaria.

*Dr. Manuel Servín Massieu.* Director técnico de la Conade. Ha sido direc-

tor del Instituto Nacional de Higiene (Fábrica Nacional de Vacunas), director de área en el Conacyt, profesor-investigador en la UAM-Xochimilco y en el IPN. Es autor de varias investigaciones y capítulos de libros de fisiología bacteriana, ecología y cultura, educación para las ciencias e historia del desarrollo de las armas biotóxicas.

*Ing. Carlos Topete Barrera.* Químico con posgrado en pedagogía. Fue coordinador de Apoyo a la Investigación de las Instituciones de Enseñanza Superior en Anuiés. Fue secretario técnico del Congreso Nacional de Investigación Educativa, realizado en 1981. Ha escrito sobre prospectiva social de la educación y de la investigación. Actualmente es asesor de Anuiés en investigación y coordinador del Programa de Administración y Desarrollo de la Educación del IPN.

*Dr. Gabriel Torres Villaseñor.* Licenciado y maestro en Física por la Facultad de Ciencias (UNAM). Obtuvo el doctorado (Ciencia de Materiales) en la Case Western Reserve University Cleveland, Ohio. Autor de 65 publicaciones sobre Microscopía Electrónica, Estado Sólido y Metalurgia Física. Tiene cinco patentes registradas y es editor de dos memorias de Congreso. Entre sus distinciones cuenta una extranjera y cuatro nacionales. Actualmente es investigador y Jefe del Departamento de Materiales Metálicos y Cerámicos del Instituto de Investigaciones en Materiales. Además pertenece al Sistema Nacional de Investigadores (SNI) en el máximo nivel.

*Dra. Cristina Verde.* Realizó estudios de Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica por la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del IPN. Obtuvo la maestría en Ingeniería Eléctrica por el Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados del IPN y el doctorado en Electrotécnica en la República Federal Alemana, además de un posdoctorado en la Universidad de Glasgow. Tiene varias publicaciones y ha participado en numerosas reuniones científicas. Actualmente se desempeña como investigadora en el Instituto de Ingeniería de la UNAM, en donde trabaja sobre Diseño de Control Robustos y Supervisión de Procesos Industriales por Computadora.

*Lic. Delia Margarita Vergara Reyes.* Investigadora en el IIEC, en el Área de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. Ha impartido cátedra como profesor adjunto en la Facultad de Economía y como profesor titular en la Facultad de Ingeniería de la UNAM. También se ha desempeñado como técnico académico. Es coautora del libro *Ciencia y tecnología en México*, ha parti-

cipado como ponente en eventos académicos sobre el "Subdesarrollo científico y tecnológico de México". Ha publicado algunos artículos en diferentes medios de comunicación.

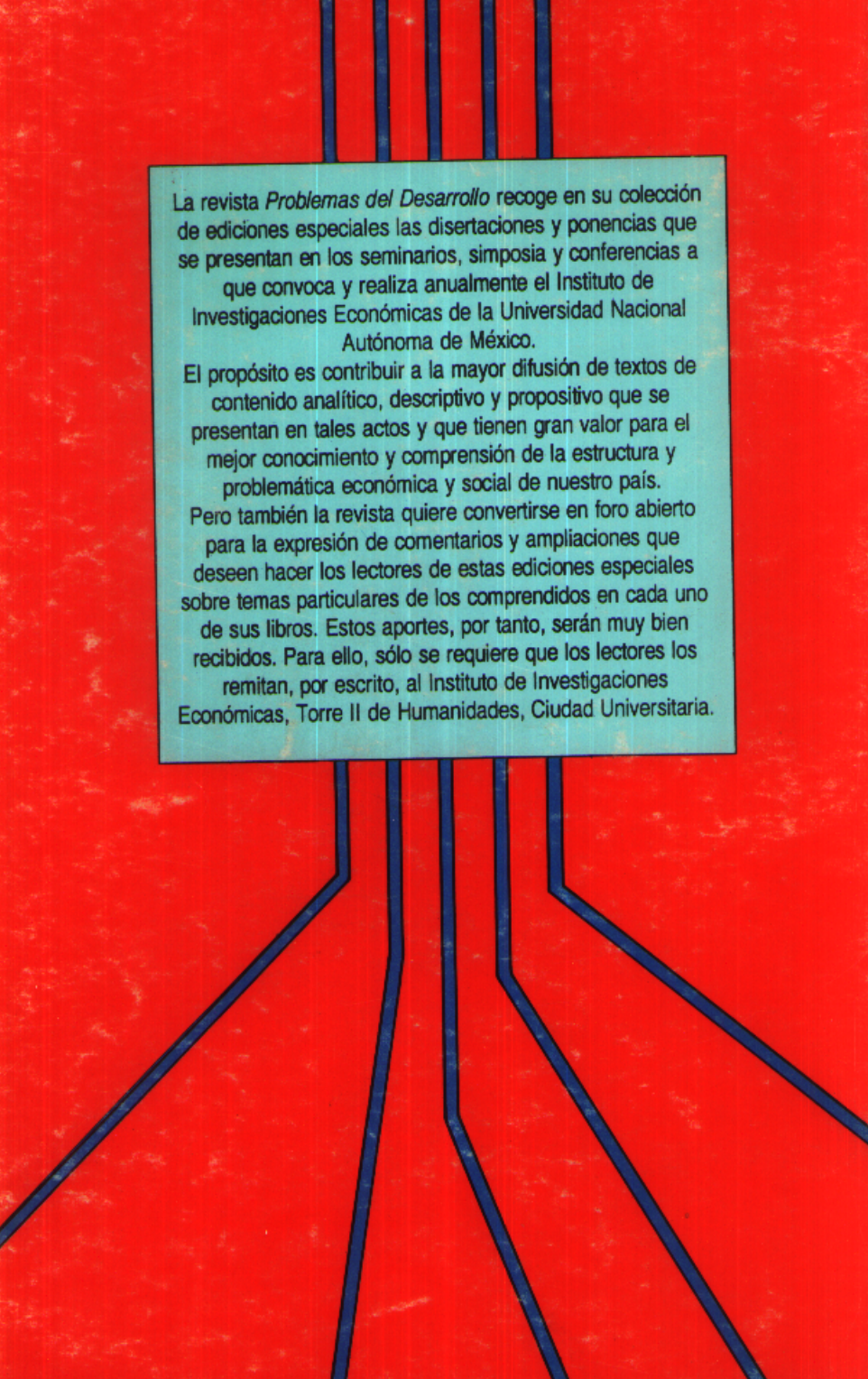
*Dra. Gloria Villegas Moreno.* Obtuvo su licenciatura, maestría y doctorado en Historia en la Facultad de Filosofía y Letras de la UNAM. Es autora de varias publicaciones sobre la historia contemporánea de México. Perteneció al Sistema Nacional de Investigadores (SNI) y actualmente es secretaria técnica de la Facultad de Filosofía y Letras de la UNAM.

*Dr. Miguel José Yacamán.* Es doctor en Ciencias por la UNAM, con especialidad en Física de Estado Sólido. Hizo estudios posdoctorales en la Universidad de Oxford y en el NASA-Ames Research Center de Mountain View, California. Su campo de especialidad es la microscopía electrónica. Entre otros desempeños es investigador titular de la UNAM, donde fue director del Instituto de Física. Es uno de los científicos mexicanos con mayor reconocimiento internacional y actualmente desempeña el cargo de director adjunto de Investigación Científica del Conacyt.

## DE LAS INSTITUCIONES

Cinvestav-IPN	Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional.
CISE-UNAM	Centro de Investigación y Servicios Educativos de la Universidad Nacional Autónoma de México.
Conacyt	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
Conalep	Consejo Nacional de Estudios Profesionales y Técnicos.
Concamin	Confederación Nacional de Cámaras Industriales.
Coparmex	Confederación Patronal de la República Mexicana.
DEPFE-UNAM	División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Economía de la Universidad Nacional Autónoma de México.
ESCA-IPN	Escuela Superior de Comercio y Administración del Instituto Politécnico Nacional.
FCPYS-UNAM	Facultad de Ciencias Políticas y Sociales de la Universidad Nacional Autónoma de México.
FFYL-UNAM	Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad Nacional Autónoma de México.
II-UNAM	Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México.
IIEC-UNAM	Instituto de Investigaciones Económicas de la Universidad Nacional Autónoma de México.

IIM-UNAM	Instituto de Investigaciones en Materiales de la Universidad Nacional Autónoma de México.
IIMAS-UNAM	Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas de la Universidad Nacional Autónoma de México.
IIECYT	Instituto Iberoamericano de Investigaciones en Ciencia y Tecnología A.C.
IIS-UNAM	Instituto de Investigaciones Sociales de la Universidad Nacional Autónoma de México.
IMP	Instituto Mexicano del Petróleo.
Sedue	Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología.
SEP	Secretaría de Educación Pública.
SS	Secretaría de Salud.
STPS	Secretaría del Trabajo y Previsión Social.



La revista *Problemas del Desarrollo* recoge en su colección de ediciones especiales las disertaciones y ponencias que se presentan en los seminarios, simposia y conferencias a que convoca y realiza anualmente el Instituto de Investigaciones Económicas de la Universidad Nacional Autónoma de México.

El propósito es contribuir a la mayor difusión de textos de contenido analítico, descriptivo y propositivo que se presentan en tales actos y que tienen gran valor para el mejor conocimiento y comprensión de la estructura y problemática económica y social de nuestro país.

Pero también la revista quiere convertirse en foro abierto para la expresión de comentarios y ampliaciones que deseen hacer los lectores de estas ediciones especiales sobre temas particulares de los comprendidos en cada uno de sus libros. Estos aportes, por tanto, serán muy bien recibidos. Para ello, sólo se requiere que los lectores los remitan, por escrito, al Instituto de Investigaciones Económicas, Torre II de Humanidades, Ciudad Universitaria.